

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV  
DEPARTAMENTO DE SOLOS - DS**

**DESEMPENHO DE FOSFATO NATURAL EM PASTAGEM PERENE DE  
INVERNO COMPARADO AO SUPERFOSFATO TRIPLO**

**NATAL JOÃO MAGNANTI**

**Lages (SC), Brasil  
Fevereiro, 2005**

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV  
DEPARTAMENTO DE SOLOS - DS  
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA  
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Mestrando: NATAL JOÃO MAGNANTI - Engenheiro Agrônomo**

**Orientador: Prof. Dr. Milton Luiz de Almeida**

**DESEMPENHO DE FOSFATO NATURAL EM PASTAGEM PERENE DE  
INVERNO COMPARADO AO SUPERFOSFATO TRIPLO**

**Dissertação apresentada à Universidade  
do Estado de Santa Catarina – Centro de  
Ciências Agroveterinárias como requisito  
parcial para a obtenção do título de  
Mestre em Ciência do Solo**

**Lages (SC), Brasil  
Fevereiro, 2005**



## **AGRADECIMENTOS**

Aos professores Milton Luiz de Almeida e Álvaro Luiz Mafra pela paciência e orientação durante o período de realização do trabalho.

Aos professores do Departamento de Solos pelo conhecimento socializado.

Aos companheiros de mestrado de diferentes turmas pelo convívio e troca de informações e experiências.

Aos meus familiares que propiciaram as condições para que pudesse ingressar na Universidade.

Aos meus colegas de trabalho do Centro Vianei que deram suporte em minhas atividades profissionais quando foram solicitados por mim.

Finalmente especial agradecimento à minha companheira Simone Aparecida Pereira pela inestimável ajuda nos trabalhos e à minha filha Maria Helena.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Pastagens perenes de inverno	4
2.2. Adubação fosfatada e calagem em pastagens perenes de inverno	6
2.3. Condições favoráveis à solubilização de fosfatos naturais	10
2.3.1. Acidez	12
2.3.2. Dreno solo e planta	13
2.3.3. Tempo de contato	15
2.4. Relação do fósforo com a mineralogia dos solos	16
2.5. Extratores	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1. Caracterização da área experimental	20
3.2. Delineamento experimental e tratamentos	20
3.3. Implantação do experimento	21
3.4. Coleta e análises de solo	22
3.5. Determinações realizadas: massa seca, rebrote, taxa de crescimento diário, índice de eficiência agronômica e custo de implantação dos tratamentos utilizados no experimento	22
3.6. Análise estatística	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1. Produção de massa seca	25
4.2. Rebrote das pastagens	33
4.3. Análises de solo	35
4.4. Análise de custos dos insumos utilizados na implantação da pastagem	37
5. CONCLUSÕES	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

# **DESEMPENHO DE FOSFATO NATURAL EM PASTAGEM PERENE DE INVERNO COMPARADO AO SUPERFOSFATO TRIPLO**

## **RESUMO**

Autor: Natal João Magnanti

Orientador: Milton Almeida

Coorientador: Álvaro Luiz Mafra

Os campos nativos e naturalizados apresentam baixa produtividade. A fertilização fosfatada é uma das estratégias chaves para melhorar a produção e a persistência em pastagens com leguminosas. O presente estudo objetivou avaliar o desempenho de um fosfato natural (FN) nacional em comparação ao fosfato solúvel supertriplo na implantação e desenvolvimento inicial de pastagem perene de inverno. O experimento foi instalado no município de São José do Cerrito, SC, num Nitossolo Háplico, com semeadura de trevo branco, trevo vermelho, cornichão e capim lanudo. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições e os tratamentos foram constituídos da seguinte forma: Testemunha: sem corretivo e adubo; Correção da necessidade de fósforo através do uso de FN (Só FN); Aplicação de calcário para pH 5,2 e correção da necessidade de fósforo através do uso de FN e superfosfato triplo (CAL+FN+ST); Aplicação de calcário para pH 5,2 e correção da necessidade de fósforo através do uso de FN, considerando o  $P_2O_5$  total da fosforita (CAL+FN1); Aplicação de calcário para pH 5,2 e correção da necessidade de fósforo através do uso de FN, numa dose de  $\frac{1}{4}$  da quantidade de  $P_2O_5$  solúvel em ácido cítrico (2%) (CAL+FN2); Aplicação de calcário para pH 5,2 e correção da necessidade de fósforo com superfosfato triplo (CAL+ST). Usou-se  $7,66\text{ Mg ha}^{-1}$  de calcário dolomítico para se chegar a pH 5,2. Foram realizados seis cortes espaçados de 45 dias entre si para estimativa da produção de massa seca, duas coletas de solo para determinação dos atributos químicos do solo e quatro cortes num intervalo de 45 dias para estimativa do rebrote da pastagem. O uso isolado de fosfato natural se mostrou recomendável para implantação de pastagens perenes nas condições de solo nas quais foi conduzido o experimento. Já à associação de calagem e diferentes fontes de fósforo (fosfato natural e/ou supertriplo) mostrou-se eficiente na implantação dessas pastagens. O trevo vermelho e o cornichão foram às espécies que melhor aproveitaram as condições de solo criadas pela adição de calcário e fósforo. Os tratamentos que receberam calcário e uma das fontes de fósforo apresentaram custo semelhante e inferiores em custo ao que é recomendado pela Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC.

# **PERFORMANCE OF NATURAL PHOSPHATE COMPARED TO TRIPLE SUPERPHOSPHATE IN PERENNIAL WINTER PASTURE**

## **ABSTRACT**

Author: Natal João Magnanti

Advisor: Milton Luiz de Almeida

Co-adviser: Álvaro Luiz Mafra

The native and naturalized grasslands present low productivity. In these cases phosphate fertilization is one of the key strategies to improve the production and the persistence in pastures with legume forages. An experiment was carried out aiming to evaluate the effect of a national rock phosphate (RP) in comparison with the soluble triple superphosphate on the implantation and initial development of perennial winter pasture. The experiment was installed in São José of Cerrito, SC, southern Brazil on an Ultisol, growing white clover, red clover, birtsfoot trefoil and common velvetgrass. The experimental design used was random blocks with four repetitions. Treatments were constituted as follows: Control - without lime and fertilizer; Correction of the phosphorus needs with the use of rock phosphate (only RP); Limestone application for pH 5.2 and correction of phosphorus needs with the use of rock phosphate (RP) and triple superphosphate (L+RP+ST); Limestone application for pH 5.2 and correction of the phosphorus needs with the use of rock phosphate, considering total  $P_2O_5$  of the rock (L+RP<sub>1</sub>); Limestone application for pH 5.2 and correction of the phosphorus needs with the use of rock phosphate, in a dose of ¼ of the amount of soluble  $P_2O_5$  in citric acid (2%) (L+RP<sub>2</sub>); Limestone application for pH 5.2 and correction of the phosphorus needs with triple superphosphate (L+ST). 7.66 Mg  $ha^{-1}$  of dolomitic limestone were used to reach to pH 5.2. Two soil sampling were used to determine chemical attributes of the soil and four cuts in an interval of 45 days were done for estimate regrowth of the pasture. The isolated use of rock phosphate is not advisable to install perennial pastures in the studied area. The association between liming and different sources of phosphate (rock phosphate and/or triple superphosphate) was efficient in the implantation of those pastures. The red clover and the birtsfoot were the most favored species by the better soil conditions created by the limestone and phosphorus additions. The treatments that received limestone and phosphorus presented similar cost and were cheaper in relation to that recommended by the Soil Fertility Commission.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Disponibilidade média dos componentes da massa seca (kg/ha) de trevo vermelho ( <i>Trifolium pratense</i> ), trevo branco ( <i>Trifolium repens</i> ), cornichão ( <i>Lotus corniculatus</i> ), capim lanudo ( <i>Holcus lanatus</i> ) e outras espécies no período de outubro de 2002 a outubro de 2003, em função de tratamentos com fosfato natural (FN), super triplo (ST) e calcário.....	26
Tabela 02 – Rebrotos das forrageiras e espécies espontâneas do experimento em kg/ha, no período de outubro de 2002 a outubro de 2003, em função de tratamentos com fosfato natural (FN), super triplo (ST) e calcário.....	34
Tabela 03 – Composição química do solo na implantação da pastagem e no final da avaliação do experimento.....	36

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Massa seca disponível de espécies forrageiras perenes e de outras espécies, na média de tratamentos com calcário, fosfato natural e super triplo.....	31
Figura 2 - Massa seca disponível total de forrageiras perenes e de outras espécies em função de tratamentos com calcário, fosfato natural e super triplo.....	33
Figura 3 - Custo de implantação por hectare das forrageiras utilizadas nos tratamentos do experimento.....	39

## **1. INTRODUÇÃO**

O fosfato natural (FN) é utilizado há décadas como fertilizante em diferentes culturas, sendo variável o nível de sucesso. As principais reservas brasileiras de fosfato natural estão localizadas nos estados de Minas Gerais, Goiás e São Paulo. Nos estados de Pernambuco, Maranhão e Santa Catarina encontram-se minas menores. Os fosfatos nacionais possuem a característica de serem de origem ígnea e possuírem uma rede cristalina que lhes confere baixa reatividade no solo, quando comparado a fosfatos naturais de Arad e Gafsa (SOUZA, 1996).

A incorporação de novas áreas à agricultura brasileira, a baixa disponibilidade de P desses solos, a existência de grandes jazidas de FN em diversas regiões do País e as facilidades atuais de importação de FNs de maior reatividade têm feito com que a utilização desses fosfatos *in natura* seja um atrativo (NOVAIS e SMYTH, 1999).

A estratégia de fertilização fosfatada é um dos elementos chaves para lograr melhoramento de produção e persistência em pastagens com leguminosas (BERMÚDEZ et al., 1998). O custo da fertilização representa um percentual elevado no custo total da implantação de uma pastagem perene, tanto para o estabelecimento como para a manutenção (OLIVEIRA et al. 1998).

Os campos nativos e naturalizados apresentam produtividade considerada baixa, muito em função de sua produção sazonal estival e também pelo pequeno volume de leguminosas presente na pastagem. Na região do Planalto Catarinense há pelo menos duas

décadas existem trabalhos de cultivo de pastagens perenes de inverno. As espécies mais trabalhadas são os trevos branco e vermelho e o cornichão, sendo que as mesmas são cultivadas de forma consorciada com outras forrageiras hibernais, ou são introduzidas nos campos nativos e naturalizados. O intuito é fornecer forragem de melhor qualidade por um maior período para os animais. Porém, a introdução nos campos ou o cultivo puro tem que superar limitações como as condições de umidade na superfície do solo, a concorrência da vegetação existente, a correção das deficiências minerais dos solos, bem como o manejo das espécies (VINCENZI, 1998).

A recomendação de correção de pH do solo para leguminosas de estação fria conforme as Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina é 6,0, assim considerando que nos solos da região do Planalto Catarinense encontra-se normalmente teores baixos de fósforo ( $2,2 \text{ mg dm}^{-3}$ ), a dose de fósforo recomendada teria que ser de  $90 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ . A utilização dessas doses de fósforo e de calcário eleva os custos de implantação de uma pastagem perene, principalmente para os agricultores familiares.

Neste contexto complexo realizou-se um trabalho com o objetivo de avaliar o desempenho do FN comparado ao superfosfato triplo em pastagem perene de inverno (trevo branco, trevo vermelho, cornichão e capim lanudo). Esta comparação foi feita através de determinações do acúmulo de massa seca das espécies, do seu rebrote, como também de atributos de solo, como pH H<sub>2</sub>O, pH SMP, pH CaCl<sub>2</sub>, potássio, fósforo, cálcio, magnésio e alumínio. Finalmente, um último objetivo foi avaliar o custo de implantação destas forrageiras a partir de recomendação alternativa de calcário e uma fonte natural de adubação fosfatada.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Os campos nativos e os campos naturalizados representam 81% das pastagens de Santa Catarina (VINCENZI, 1998) e constituem-se na base da alimentação das espécies herbívoras do estado. A produtividade destas áreas é considerada baixa, com lotação média de 0,5 cabeças de bovino por hectare durante o ano, em relação ao potencial de produção de uma pastagem melhorada com leguminosas hibernais, porém, mesmo assim possui um bom potencial de produção. Salienta-se que estas pastagens estão normalmente sobre solos com alto teor de alumínio, baixo pH e baixos teores de fósforo. As pastagens naturais da Região Sul do Brasil caracterizam-se por terem sua composição botânica constituída predominantemente por gramíneas perenes de crescimento estival (GATIBONI, 1999). Isto confere sazonalidade na produção de forragem, onde no verão há produção satisfatória de massa seca e no inverno déficit de produção, o que determina perdas de peso dos animais neste período e consequente aumento da idade de abate.

Uma alternativa para aumentar a rentabilidade da produção animal em solos ácidos e com baixa fertilidade natural é o cultivo de pastagens de melhor valor forrageiro e que produzam forragem de boa qualidade durante o período de outono-inverno, tanto para uso direto pelos animais como banco de proteína. Ainda pode-se utilizar esta pastagem como banco de sementes para introduzir através dos próprios animais estas espécies em outros potreiros da propriedade. Nestes casos esbarra-se na necessidade de correção da acidez e também na baixa fertilidade natural destes solos, especialmente no macro nutriente fósforo.

A incorporação de novas áreas à agricultura brasileira, a baixa disponibilidade de P desses solos, a existência de grandes jazidas de fosfato natural (FN) em diversas regiões do

País e as facilidades atuais de importação de FN's de maior reatividade<sup>1</sup> têm feito com que a utilização desses fosfatos *in natura* seja atrativo<sup>2</sup>. Essa utilização tem como problema principal a baixa reatividade, particularmente dos FN's brasileiros, e, como consequência, a baixa ou lenta liberação de P para as plantas. Todavia, alguns FN's de maior reatividade, como o Gafsa e o Norte Carolina, têm-se mostrado tão ou mais eficientes para suprir P para plantas de ciclo curto quanto às formas mais solúveis, como os superfosfatos (NOVAIS e SMYTH, 1999).

A adição de fosfato natural pode ser uma alternativa para a região de Lages, já que a fosforita Alvorada chega na região a um preço menor do que os fosfatos naturais importados como Arad e Gafsa. RHEINHEIMER et al (2001) afirmam que a aplicação de calcário também é necessária, mas a elevação do pH retarda o processo de dissolução do fosfato natural e diminui a disponibilidade de fósforo proveniente desse fertilizante às plantas, principalmente acima de pH 5,2. Considerando a indicação de ALMEIDA et al (1999) de que em pH 5,2 já se minimizam os efeitos tóxicos do alumínio, esse pH parece ser o mais indicado para ser trabalhado quando da aplicação de fosfato natural.

## **2.1 Pastagens perenes de inverno**

O valor nutritivo das pastagens nativas cai rapidamente no outono, quando as gramíneas de verão amadurecem. Esta baixa qualidade nutritiva pode ser melhorada pela utilização de pastagens perenes hibernais a base de leguminosas. As leguminosas têm um teor de proteína bem mais alto que as gramíneas, com pouca diferença entre as espécies tropicais e as temperadas. A inclusão de até 10 % de leguminosas em pastagem de Pangola (*Digitaria decumbens*) madura aumentou o consumo de forragem por ovelhas, resolvendo a

---

<sup>1</sup> Reatividade é uma propriedade intrínseca ao FN e, por conseguinte, independente de condições outras, como de solo ou de planta, a que o FN possa ser submetido (Rajan et al., 1996). Independentemente dessas condições, pode-se dizer que os fosfatos de Gafsa ou de Norte Carolina são mais reativos que os fosfatos de Araxá ou de Patos.

<sup>2</sup> Estima-se que as jazidas de fosfatos naturais no mundo, atualmente conhecidas, deverão durar por mais quatro séculos, aproximadamente, para o padrão atual de consumo (Mengel, 1997).

deficiência de proteína bruta da dieta obtida só com a gramínea (RITTER e SORRENSEN, 1985). Além da maior qualidade da dieta, as leguminosas fixam nitrogênio atmosférico e estimulam o crescimento das gramíneas associadas, o que permite o aumento na lotação das pastagens. Para alcançar altos níveis de produção de carne em pastagens de leguminosas, é importante manter uma proporção adequada dessas espécies. Estudos realizados no Planalto Catarinense demonstram uma relação entre a produção de carne bovina e a proporção de leguminosas existentes no pasto, ganhos médios de peso vivo de 290, 336 e 545 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> foram obtidos com a participação de 13%, 20% e 35 % de leguminosas na pastagem, respectivamente (RITTER e SORRENSEN, 1985).

As pastagens também possuem importância na conservação do solo, por contribuírem com a diminuição das perdas por erosão (VINCENZI, 1987). Além disso, quando estrategicamente utilizadas em rotação de culturas, as pastagens não só atenuam o fenômeno da erosão, como podem recuperar solos já degradados. KLAPP (1971) concluiu que em pastagens perenes temperadas, há completa renovação da massa de raízes a cada três a quatro anos, o que representa incorporação de matéria orgânica e criação de canais para infiltração de água no solo. Com a morte das raízes, o solo fica dotado de uma verdadeira malha de canais, o que melhora a estrutura e infiltração de água (VINCENZI, 1987). Quando integradas às lavouras de grãos, as plantas forrageiras contribuem, conservando e melhorando o solo, e ainda promovendo um melhor equilíbrio do ambiente através da diversidade.

Quando os alimentos são produzidos na propriedade, os custos de produção são mais baixos, contribuindo para o sucesso econômico da atividade leiteira (KRUG, 1993). SETELICH e ALMEIDA (2000) destacam que os sistemas de produção de leite a pasto apresentam uma receita menor que os sistemas em confinamento, porém uma margem bruta maior, associada a menores despesas com concentrados, combustíveis e mão-de-obra, além de menores investimentos em instalações. Os custos relativos das pastagens nos USA

são três vezes menores que a silagem e seis vezes menores que os concentrados (ABREU, 2001). Em experimentos conduzidos na Estação Experimental de Lages, a produção de leite a base de ração balanceada chega a ser 27 vezes mais cara que em campo nativo melhorado. Já o custo da silagem de milho, amplamente utilizada no Estado, é doze vezes maior do que o campo nativo melhorado. Uma pastagem cultivada, com composição botânica de inverno, semelhante ao campo nativo melhorado, apresentou um custo duas vezes superior ao do campo nativo (ABREU, 2001).

## **2.2 Adubação fosfatada e calagem em pastagens perenes de inverno**

O fósforo é um macronutriente primário e, juntamente com o N e o K, é dos elementos essenciais, indispensável para a vida animal e vegetal (SOUZA, 1996). Os solos brasileiros, além de serem pobres neste elemento, fixam-no em alta porcentagem e, devido a isto, quase sempre se obtêm respostas elevadas à sua aplicação. O fósforo é um elemento particularmente importante para as leguminosas, devido a sua influência sobre a atividade das bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico (*Rhizobium*). Em solos com toxidez de alumínio, as plantas geralmente apresentam sintomas de deficiência de fósforo, porque o alumínio fixa o fósforo em formas menos disponíveis no solo e na superfície das raízes, e interfere na absorção, transporte e uso do fósforo e outros elementos essenciais. Os efeitos do alumínio variam com a espécie em questão. Para *Medicago sativa* e *Trifolium subterraneum* identificaram-se reduções na concentração de fósforo na parte aérea das plantas, já para *Lotonis bainesii*, *Stylosanthes humilis*, *Macroptilium lathyroides* e *Desmodium uncinatum* a presença de alumínio aumentou a absorção de fósforo pelas plantas. A maior tolerância ao estresse do alumínio em certas espécies e variedades está correlacionada com a sua habilidade em absorver e utilizar o fósforo na presença de alumínio (RITTER e SORRENSEN, 1985).

A forma preferida de absorção de fósforo pela planta é o ortofosfato ( $H_2PO_4^-$ ), cujo teor na forma solúvel nos adubos é estimado em solução de citrato neutro de amônio (CNA). Porém, a forma encontrada nos fosfatos naturais (fosfatos de rocha ou fosfatos tricálcicos) é a tricálcica ( $PO_4^{3-}$ ) a qual não é absorvida pelas plantas, mas também não é fixada.

Sob o nome genérico de fosfatos naturais (FN) estão reunidos minerais fosfatados de diferentes origens e composições, o que lhes confere distintas propriedades e grande variação na sua eficiência como fonte de fósforo às culturas. Há variação em termos de composição, de textura e de origem geológica. No entanto, os fosfatos apresentam pelo menos uma característica em comum, já que são constituídos por minerais do grupo das apatitas e fosforitas.

Os depósitos de rocha fosfática são classificados em três classes, de acordo com a composição mineral: fosfatos de ferro-alumínio (Fe-Al-P), fosfatos de cálcio-ferro-alumínio (Ca-Fe-Al-P) e fosfatos de cálcio (Ca-P). Estas três classes constituem uma seqüência natural de intemperização dos depósitos de rocha fosfática, na qual as formas estáveis de fosfatos de ferro-alumínio representam o estágio mais avançado de intertemperismo e o fosfato de cálcio representa a rocha matriz. A classe de maior importância econômica é a do Ca-P, por causa do uso industrial para variados fins, especialmente na indústria de adubos. As fosforitas são minerais secundários, amorfos e podem ser classificados como residuais (originadas de leito de calcário fosfatado), de substituição (é o calcário que foi fosfatizado ou transformado em fosfato de cálcio pela ação de fontes orgânicas) e as sedimentares (acumulação de sedimentos que foram misturados com outras rochas) (SOUZA, 1996).

Há os FNs de origem ígnea e os metamórficos, muito pouco reativos com estrutura cristalina compacta, sem superfície adicional interna (material com pequena superfície específica), com provável menor presença de minerais acessórios. Por outro lado, os de

origem sedimentar apresentam estrutura microcristalina pobemente consolidada, com grande superfície específica (NOVAIS e SMYTH, 1999). A substituição isomórfica do  $\text{PO}_4^{3-}$  por  $\text{CO}_3^{2-}$  na apatita causa decréscimo no tamanho do cristalito e aumento na superfície específica ( $\text{m}^2 \text{ g}^{-1}$ ) do material. Portanto, o aumento do conteúdo de carbonato na apatita leva a uma reatividade maior da rocha fosfática. Enquanto a relação molar  $\text{CO}_3/\text{PO}_4$  no FN de Norte Carolina é de 0,26 (material reativo), no de Patos de Minas é de 0,02 (material muito pouco reativo). Os FNs de Jacupiranga, Araxá, Tapira, Catalão e Anitápolis são de origem ígnea. O termo "fosforita" tem sido também usado para os FNs de origem sedimentar. Além das formas cárnicas, os FNs são encontrados na forma de compostos de Fe e de Al, como:  $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (variscita) e  $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (estrengita). Ao contrário das apatitas, esses FNs têm a solubilidade aumentada com o aumento do pH do solo (SOUZA, 1996).

As concentrações de  $\text{P}_2\text{O}_5$  em fertilizantes fosfatados comercializados no Brasil variam de 5% (Jacupiranga, SP) até 24-36% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (Registro, SP). Esses fosfatos possuem no mínimo 24% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  total, com aproximadamente 4% solúvel em ácido cítrico e 2% na relação de extração de 1:100, além de 32 a 38% de CaO (SOUZA, 1996).

Os fosfatos naturais brasileiros têm mostrado, com relação aos solúveis em CNA (citrato neutro de amônio), uma eficiência inicial muito baixa (3 a 20%), melhorando, um pouco, após alguns anos (15 a 45%). Geralmente, os efeitos têm sido melhores em pastagens formadas e em culturas perenes e semiperenes. O uso do FN pode ser viável, porém, existem aspectos de solo e do próprio produto que devem ser levados em conta, pois a eficiência agronômica no primeiro ano da aplicação depende destes aspectos e também da cultura que vai ser implantada. Normalmente as culturas perenes aproveitam melhor o FN, já que possuem um ciclo mais longo e, consequentemente, aproveitam melhor o efeito residual dos fosfatos de rocha. Quanto ao solo, tem-se melhor eficiência para solos argilosos ácidos e ricos em matéria orgânica. No caso do tamanho de partículas,

quanto mais fino for o fosfato, melhor a reação de solubilização no solo. A aplicação a lanço dos materiais é melhor que a feita em sulcos ou covas. As fosforitas, de origens secundárias e amorfas, são mais reativas que as apatitas (primárias e cristalinas). A eficiência do fosfato natural aumenta com o tempo, pois aumenta a solubilização. Esse efeito é mais pronunciado em solos ácidos e geralmente menor em solos que foram calcariados. Quando a dose é maior a eficiência também tende a ser maior. É viável misturar fosfatos naturais com formas solúveis, como superfosfatos simples e triplo (SOUZA, 1996).

A fertilização de pastagens é uma prática recomendada, sem a qual o estabelecimento de espécies, a produção e persistência ficam comprometidas (OLIVEIRA et al., 1998). O custo desta prática representa um percentual elevado no custo total, tanto para o estabelecimento como para sua manutenção. Ainda, segundo RITTER e SORRENSEN (1985), os insumos que mais oneram o estabelecimento e a manutenção de pastagens baseadas em trevo branco são o calcário e o fósforo.

A correção da acidez do solo e a adubação das culturas são práticas comuns na agricultura brasileira. Usualmente, recomenda-se separá-las por períodos de tempo que permitam a neutralização da acidez pelo corretivo para então proceder à adubação indicada. Tal procedimento é recomendado, pois a calagem corrige a acidez e elimina os efeitos tóxicos do alumínio e do manganês, como também diminui as superfícies de retenção de ânions, principalmente fosfato (KAMINSKI e MELLO, 1984). Já a aplicação dos fosfatos naturais, antes do calcário, visando promover sua dissolução pela ação dos íons hidrogênio do solo e aumentar sua ação fertilizante foi recomendada por SOUZA (1996). Uma calagem posterior corrigiria os possíveis efeitos prejudiciais da acidez do solo sobre as culturas. Baseados neste postulado, CANTARUTTI et al. (1981) trabalharam com Latossolo argiloso ácido com alto teor de alumínio usando fosfato concentrado de Araxá como fonte de fósforo, em casa de vegetação, constataram que a incubação do fosfato com

o solo por 30 dias, seguida de calagem e plantio imediato, forneceram os maiores rendimentos de matéria seca e fósforo absorvido pelo sorgo. Quando o fosfato e o calcário foram aplicados simultaneamente e incubados com o solo por 30 dias antecedendo o plantio, os resultados foram pouco inferiores. A aplicação de fosfato antes, depois ou concomitante ao calcário, tem apresentado resultados variáveis, dependendo principalmente do tipo de solo e dos compostos produzidos pela reação solo-fertilizante (KAMINSKI e MELLO, 1984). O fósforo absorvido pelas plantas provém de formas metaestáveis de fosfatos. Assim, quanto mais lenta for à passagem destas para as formas estáveis, melhor será a suplementação para as plantas. Desta forma, como sugerem SAMPLE et al. (1980), à adição simultânea dos fosfatos com o calcário proporcionaria maior número de fosfatos de cálcio, que são metaestáveis em solos ácidos ou pouco ácidos, estendendo o tempo de disponibilidade ou retardando as reações de imobilização.

É possível melhorar a produção do campo nativo ou naturalizado, apenas com adubação fosfatada (BARCELOS et al., 1980), porém, a combinação de calagem e adição de fósforo é a condição ideal para a melhoria da fertilidade do solo. Em Bagé (RS), o uso de 356 kg de  $P_2O_5\text{ ha}^{-1}$  distribuídos nos cinco primeiros anos na forma de hiperfosfato e de superfosfato simples, determinou aumentos de 73,5% no ganho de peso vivo/ha na média de 11 anos. Neste trabalho, foi observado o efeito residual da adubação fosfatada, em pelo menos seis anos após a última aplicação. Também no Rio Grande do Sul, BARRETO (1956) encontrou aumento no ganho de peso, quando o campo nativo foi roçado e adubado com 300 kg  $\text{ha}^{-1}$  de hiperfosfato. O campo nativo, limpo e adubado, proporcionou um ganho de peso de 100 kg  $\text{ha}^{-1}\text{ ano}^{-1}$ , enquanto na testemunha, o ganho de peso foi de 51 kg  $\text{ha}^{-1}\text{ ano}^{-1}$ .

### **2.3. Condições favoráveis à solubilização de fosfatos naturais**

As condições favoráveis para a solubilização de FN de baixa reatividade são as seguintes: maior suprimento de prótons pela planta (rizosfera); solos com grande dreno-Ca

(grande CTC efetiva e CTC pH-dependente) e baixas concentrações de P e de Ca em solução; solos com menor fator capacidade de fósforo (FCP), como os mais arenosos, em que o dreno-P predominante seja a planta; plantas cujo ciclo (demanda de P/unidade de tempo) se ajuste à solubilização (P-solubilizado/unidade de tempo), estando as demais condições de absorção otimizadas pela planta (NOVAIS e SMYTH, 1999).

Quando se adicionam fosfatos ao solo ocorrem reações físico-químicas que os transformam em substâncias fosfatadas complexas, as quais passam a controlar, via solo, a disponibilidade de fósforo às plantas. A rapidez destas reações depende da estrutura cristalina e da energia de ligação do fosfato. Quanto menos cristalino e menor a energia de ligação, mais solúvel é o fosfato, mais rápido reagirá com o solo e maior será sua eficiência agronômica. Os fosfatos reativos possuem uma dissolução intermediária aos fosfatos solúveis e aos fosfatos naturais de baixa reatividade. A solubilidade dos fosfatos reativos no solo é controlada por três fatores principais: teor de fósforo, de cálcio e acidez do solo. Como todas as reações químicas tendem a um estado de equilíbrio, quando os teores de fósforo no solo são baixos a dissolução do FN reativo é acelerada, elevando-se os teores disponíveis às plantas. Da mesma forma, quando os teores de cálcio são baixos há dissolução do fosfato e consequente tendência ao equilíbrio dos teores de cálcio na solução circunvizinha e na partícula de fosfato. O pH do solo influí na dissolução do FN pela corrosão de sua estrutura cristalina por ação dos íons  $H^+$  quando esses apresentam alta atividade (RHEINHEIMER et al., 2001).

O solo "ideal" segundo NOVAIS e SMYTH (1999) para utilizar FN de baixa reatividade possui as seguintes características: solo com elevado teor de matéria orgânica, ácido (acidez potencial elevada), com elevada CTC pH-dependente, baixa concentração de P-solução, Al trocável baixo ou nulo. As condições que influenciam a solubilização de fosfatos naturais no solo são:  $H_2O$  (hidrólise), a mineralogia do fosfato (material cristalino x amorfó; substituição isomórfica:  $PO_4^{3-}$  por  $CO_3^{2-}$ ); textura do fosfato (superfície

específica de contato); solo (dreno para os produtos da dissolução); CTC efetiva e CTC pH-dependente; capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP); teores de Ca e de P no solo (produtos comuns da dissolução); intemperismo do solo - variação das grandezas dos drenos-P e Ca; acidez do solo ativa e potencial (tampão); planta (dreno para Ca e P); acidez da rizosfera (condição para solubilização - diferença entre plantas); exsudação de ácidos orgânicos pela raiz agentes complexantes; ciclo da planta (plantas anuais x perenes); micorriza (dreno para P) e, indiretamente, para Ca; contato com o solo (incorporação); tempo de contato com o solo (tempo de reação); aração e gradagem (renovação do dreno) (NOVAIS e SMYTH, 1999).

### **2.3.1.Acidez**

Para os FN<sub>s</sub> menos reativos, insolúveis em água, a acidez é importante para iniciar a dissolução. Portanto, o suprimento de prótons torna-se particularmente importante para a dissolução de FN<sub>s</sub> de baixa reatividade. Para que H<sup>+</sup> apareça nos produtos da dissolução (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>) é necessário que seja suprido para o FN, que não o tem em sua constituição. Esse suprimento de prótons para o FN pode ser feito na indústria pela adição de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), produzindo superfosfato simples, ou pela adição de ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), produzindo superfosfato triplo (ROBINSON et al., 1994). O suprimento de prótons pode, também, ocorrer ao se aplicar o FN em solos ácidos, nos quais a solubilização de FN<sub>s</sub> apatíticos é favorecida. A acidez necessária à dissolução do FN pode, também, ser suprida pela planta. A acidificação da rizosfera da leguminosa "black locust" (*Pobinia pseudoacacia* L.) em amostras de seis solos foi de 1,0 a 1,5 unidade de pH, em relação à massa de solo. O efeito acidificante aumentou a recuperação estimada de P de três FN<sub>s</sub> com reatividades distintas, pela planta, em relação à não-acidificação. Condições ácidas necessárias à maior solubilização de FN<sub>s</sub> são coincidentes com teores baixos de Ca e altos de Al trocáveis, condições também consideradas favoráveis à solubilização de FN<sub>s</sub>.

segundo SOUZA (1996). Não obstante, outros autores como NOVAIS e RIBEIRO (1982), JUNQUEIRA e RIBEIRO (1983) e COUTO e NOVAIS (1986) consideram que a adsorção/precipitação de Al, presente em solos ácidos, às partículas de apatita, recobrindo-as, poderia restringir-lhes a solubilização. SMYTH e SANCHEZ (1982) verificaram que maior acidez tamponada e concentrações mais altas de Al trocável em amostras de sete solos da região do cerrado do Distrito Federal não promoveram a maior dissolução dos FNs de Patos e de Norte Carolina. BRAGA e NEVES (1981) também verificaram que o fosfato de Patos foi a fonte mais efetiva de P para a planta (sorgo), em solos com menores teores de Al trocável. Embora, nesse último caso, esse resultado possa ter como causa o Al tóxico, que limitou a absorção de P pela planta, além do que, não se pode descartar a hipótese de capeamento das partículas do fosfato pelo Al, restringindo-lhes a dissolução (ROBINSON et al., 1992). De modo semelhante, a adsorção/precipitação de Fe foi citada em trabalho de MARTINS et al. (1989) e seria responsável por menor solubilização do FN.

### **2.3.2. Dreno solo e planta**

Dependendo das condições, o solo poderá ser fonte ou dreno de nutrientes para a planta. O solo poderá ser fonte de P quando ainda apresentar características nutricionais favoráveis à planta, mesmo que insatisfatórias. O que se adiciona como fertilizantes irá somar-se sem maiores restrições, às reservas já existentes no solo. No caso do solo dreno, haverá competição entre a planta (dreno) e o solo pela adição como fertilizante. Portanto, o solo agirá, também como dreno. Para transformá-lo em fonte, grande parte do fertilizante fosfatado aplicado será utilizado para atender sua demanda de dreno, bem maior que a necessária ao solo fonte. Solo e planta, como drenos, competem entre si pelo fertilizante aplicado, e em muitos casos o dreno solo é maior que o dreno planta (NOVAIS et al., 1990). ROBINSON et al. (1994) observaram dissolução de todo o FN de Gafsa em solo com o pH ( $H_2O$ ) corrigido para 5,8 e com carga variável com pH (CTC pH-dependente),

contra apenas 50% de dissolução em solo com pH ( $H_2O$ ) corrigido para 5,8 e apenas com carga permanente (CTC permanente). O efeito positivo da CTC pH-dependente sobre a dissolução do FN mostra a participação do aumento do dreno-Ca, com a aplicação do corretivo. Nesse caso, aumentou-se o pH do solo com a calagem, mas aumentou-se, também, o dreno-Ca, o que não acontece no solo, teoricamente, apenas com CTC permanente.

A maior eficiência do FN da Carolina do Norte, em condições de solos orgânicos, mais que em solos minerais é citada por NOVAIS e SMYTH (1999), aparentemente justifica o efeito da CTC bem maior nos solos pH-dependente orgânicos, sobre a dissolução do FN. Assim, solos com valores de pH final iguais podem diferir quanto à dissolução de FN, dadas as diferenças entre eles quanto à CTC (grandeza e dependência a pH), como medida do dreno-Ca, e quanto à adsorção/fixação de P (FCP), como medida do dreno-P (SMYTH e SANCHEZ, 1982b). A dissolução de FN deverá ser mais intensa em solos com maior CTC e, particularmente, com maiores teores de MO.

A comparação entre pH, dreno-P e dreno-Ca mostrou que o dreno-Ca foi a condicionante mais importante da dissolução do fosfato de Gafsa em laboratório (RHEINHEIMER et al., 2001).

Uma planta pode ser fonte de prótons, ao acidificar sua rizosfera, bem mais que outra, como também pode ser dreno de P e de Ca. Em quatro anos de cultivo de soja, em solos ácidos do Rio Grande do Sul, as aplicações de fosfatos com e sem calagem apresentaram diferenças marcantes. Os fosfatos naturais proporcionaram maior produção mesmo com a calagem, o que aparentemente iria contra o fato conhecido de que a acidez dos solos favorece a dissolução desses adubos no solo (RAIJ et al., 1981).

A utilização do fosfato de Araxá em solo de textura média ou arenosa com acidez pouco tamponada, para plantas com acidificação da rizosfera, como leguminosas em geral,

e plantas com absorção preferencial de N na forma de NH<sub>4</sub>, poderá trazer bons resultados mesmo com valores mais elevados do pH desses solos (NOVAIS e SMYTH, 1999).

### **2.3.3. Tempo de contato**

A lenta solubilização dos FN's faz com que haja menos P em solução do que nas fontes solúveis, ao longo do ciclo da planta (KAMINSKI e MELLO, 1984). Assim, a melhoria da eficiência dos FN's como fonte de P para as plantas é um efeito de tempo, diminuindo essa eficiência de modo menos pronunciado para o FN do que para as fontes solúveis. O efeito da aplicação antecipada do fosfato de Araxá e de fosfatos industrializados de maior solubilidade (superfosfato simples, termofosfatos e um fosfato parcialmente acidulado com 50% de ácido sulfúrico), em relação à calagem e a semeadura de sorgo foram avaliados em um trabalho conduzido por KAMINSKI e MELLO (1984). Foram utilizadas amostras de três solos ácidos (pH H<sub>2</sub>O de 4,5 a 5,2 e Ca + Mg de 0,6 a 1,7 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de solo). O calcário (carbonatos de Ca e de Mg na relação molar de 4:1) foi aplicado na dose necessária para elevar o pH dos solos a 6,0. Foi utilizada a dose de 150 mg kg<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total de fosfato nos vasos. Os resultados que mais chamam a atenção nesse trabalho são os relativos ao fosfato de Araxá. No solo arenoso (Paredão Vermelho, com 9% de argila), como o dreno-P predominante é a planta, e não o solo, qualquer época de aplicação do fosfato, em relação ao plantio, leva a resultados semelhantes. Por outro lado, para os solos com maior Fator Capacidade de Fósforo (FCP)<sup>3</sup> (o Bom Jesus, com 57% de argila, e o LE, com 51%), a aplicação antecipada do Araxá, em relação ao plantio, leva a menores produtividades que as da aplicação mais próxima ao plantio. Esses resultados

---

<sup>3</sup> O P na solução de solo, ou P-solução, é denominado Fator Intensidade (I). O ressuprimento ou “renovação” de I, à medida que o P é absorvido, é feito pelo Fator Quantidade (Q), quantitativamente muito maior que I. Há, portanto, um equilíbrio entre I e Q, de modo que qualquer alteração (retirada ou adição) em um deles implica alteração no outro. Essa interdependência de I e Q caracteriza o Fator Capacidade (FCP), quantitativamente definido pela relação Q/I. Com o aumento de I (adição de fertilizante, por exemplo), haverá um aumento de Q, mantendo-se a relação Q/I razoavelmente constante, o que a caracteriza como propriedade intrínseca de um solo (Novais, 1999).

indicam que o tempo necessário para maior solubilização é, também, responsável pela formação de produtos de menor disponibilidade de P para as plantas (NOVAIS e SMYTH, 1999).

Em outro trabalho, a aplicação dos fosfatos de Araxá ou de Patos 30 dias antes do calcário, proporcionou maior crescimento da planta (sorgo), em vasos, que as demais combinações de época de aplicação do FN x calagem (calcário 30 dias antes do FN; FN no plantio, sem calcário; FN 30 dias antes do plantio; FN + calcário 30 dias antes do plantio; e FN + calcário no plantio). Os piores tratamentos, em termos de resposta da planta, foram FN sem calcário, aplicado 30 dias antes do plantio, e FN sem calcário, aplicado na época do plantio. (CANTARUTTI et al., 1981).

#### **2.4. Relação do fósforo com a mineralogia dos solos**

Embora o fósforo seja um dos macronutrientes menos exigidos pelas plantas, é o que, com mais freqüência, tem limitado a produção agrícola em condições brasileiras. Isso se deve a deficiência generalizada em solos tropicais, como também a imobilização em decorrência das fortes interações que apresenta com os constituintes destes solos. A sorção<sup>4</sup> de P, que inclui tanto adsorção na superfície de minerais, quanto sua precipitação como fosfatos de baixa solubilidade, é comum em solos ácidos, relativamente ricos em óxidos de Fe e de Al, como é o caso dos Latossolos. A magnitude deste fenômeno depende da natureza e da quantidade de sítios disponíveis na superfície dos minerais, sendo, por isso, afetada pelo maior teor de argila em uma mesma mineralogia. Assim, em solos deficientes em P e com grande quantidade de argilominerais e óxidos, a adsorção de P é maior e, para o atendimento da exigência das culturas, são exigidos níveis de adubação fosfatada mais elevados do que para solos mais arenosos. Numerosos trabalhos têm mostrado, entretanto,

---

<sup>4</sup> O termo sorção utilizado por Iyamuremye e Dick (1996) pode incluir reações de adsorção e precipitação. Esses autores definem perdas de P da solução do solo para a fase sólida por adsorção e por precipitação. Alguns trabalhos clássicos utilizam o termo adsorção generalizadamente (Parfitt, 1978), ou utilizam sorção e adsorção indistintamente (Sanyal e De Datta, 1991).

que além da quantidade de argila, sua constituição mineralógica é importante na adsorção de P pelos solos, o que se justifica pela peculiaridade da energia de ligação entre o P e cada fração adsorvente. Nesse aspecto, os óxidos de Ferro e de Alumínio são tidos como os constituintes da fração argila mais efetivos na adsorção de fósforo, sendo a goethita considerada a principal componente da fração argila responsável por este fenômeno em solos do Brasil Central (MOTTA et al., 2002).

## 2.5. Extratores

A quantificação do fósforo disponível no solo pode ser feita por um grande número de extratores (SILVA e RAIJ, 1999). As soluções extratoras possuem características constitutivas diversas, quanto à acidez, diluição, tamponamento, presença de compostos complexantes fósforo marcado e outros. Há controvérsia quanto ao método que prediz satisfatoriamente a disponibilidade de fósforo às plantas e isto se deve ao fato de que este se encontra em diferentes formas no solo. Além deste fato, à composição do solo e a interação físico-química com seus componentes afeta, a cinética de absorção do fósforo, que é dependente dessas interações com os colóides (NOVAIS e SMYTH, 1999).

Os métodos de extração do fósforo do solo quantificam parcialmente as frações dessorvíveis, mas não identificam as formas de fósforo que podem contribuir para sua biodisponibilidade. A subestimação do fósforo potencialmente disponível é mais pronunciada nos solos altamente intemperizados, uma vez que variados níveis de energia de interação com os colóides inorgânicos comprometem a capacidade de predição de alguns métodos (GATIBONI et al., 2002). CAMPELLO et al. (1994) realizou até quinze extrações sucessivas com resina de troca aniônica (RTA) em uma mesma amostra de solo e observou que uma única extração com RTA subestimou em até 60% o fósforo disponível do solo, sendo necessárias de cinco a doze extrações sucessivas para dessorver o fósforo lábil. Da mesma forma, RHEINHEIMER et al. (2000), utilizando dez extrações sucessivas

com RTA, estimaram a subestimação em 63%. Os laboratórios de análise de solo do Brasil utilizam, com mais freqüência, os métodos que usam os extratores Mehlich-1 e resina trocadora de ânions (SILVA e RAIJ, 1999). No Rio Grande do Sul e Santa Catarina, a recomendação de adubação fosfatada preconizada pela Comissão de Fertilidade do Solo (1995) é baseada no teor obtido pelo extrator Mehlich-1, ajustado ao teor de argila do solo. Esse extrator é constituído de uma mistura diluída dos ácidos clorídrico e sulfúrico, e a extração do fósforo ocorre pela dissolução de compostos solúveis em meio ácido. O método apresenta alguns problemas, como os baixos teores extraíveis em solos argilosos, pela exaustão do extrator e readsorção do fosfato aos coloídes (BAHIA FILHO et al., 1983) e superestimação do fósforo disponível em solos fertilizados com fosfatos naturais (KAMINSKI e PERUZZO, 1997).

Por essas razões, podem ser encontradas baixas correlações entre teor de P no solo e o absorvido pelas plantas (KROTH, 1998). MEHLICH (1984) propôs o extrator Mehlich-3 para melhorar a predição do fósforo disponível e extrair simultaneamente outros nutrientes. No entanto, apesar das modificações, o método continuou apresentando baixas correlações com o fósforo absorvido pelas plantas, quando usado em solos do Rio Grande do Sul (KROTH, 1998).

O método da resina trocadora de ânions promove a remoção contínua do fósforo da solução do solo, mantendo um desequilíbrio de concentração entre a solução e a fase sólida do solo, forçando a dessorção do fósforo (SKOGLEY e DOBERMANN, 1996). O uso da RTA para estimar a capacidade de suprimento de fósforo é adequado, pois o processo de extração assemelha-se à ação das raízes das plantas e não ocorreria exaustão em solos com alto teor de argila (SILVA e RAIJ, 1999).

Em estudo conduzido por GATIBONI et al. (2002), as conclusões foram que: uma única extração com Mehlich-1, Mehlich-3 e RTA extraiu apenas 29, 35 e 37% do fósforo potencialmente disponível, respectivamente. E ainda que para extrair o fósforo

potencialmente disponível, foram necessárias sete extrações sucessivas com RTA e quatro com os extratores Mehlich-1 e Mehlich-3. Finalmente que o método da RTA foi mais eficiente no diagnóstico dos teores de fósforo nos tratamentos com baixa disponibilidade, enquanto os métodos de Mehlich-1 e Mehlich-3 foram mais eficazes naqueles com alta disponibilidade de fósforo.

Com a utilização mais intensiva de FN apatíticos de baixa reatividade no País e o uso de extratores ácidos, como o Mehlich-1, pelos laboratórios criou-se um impasse ao se verificar a incompatibilidade entre o P extraído por esses métodos e o P absorvido pela planta. Deixou-se de medir "P-disponível", uma vez que não havia correlação entre o extraído pelo método e a resposta da planta. O problema foi razoavelmente resolvido com a utilização de métodos sensíveis apenas ao P solução e P-lábil, como a Resina de Troca Aniônica (RTA). Atualmente, têm-se utilizado de maneira cada vez mais intensa FNs mais reativos, como o Gafsa e o Carolina do Norte, entre outros. Uma medida do "P-disponível" pela RTA nessas condições poderá acessar valores baixos de P, uma vez que esse método não acessa P dos FNs ainda não solubilizados. Com os FNs de baixa reatividade e a utilização do Mehlich-1, por exemplo, superestimava-se o P-disponível (disponibilidade real); agora, com a RTA e extratores não sensíveis ao P-Ca de FNs subestima-se o P-disponível, por não se detectar o que será liberado e que poderá ser suficiente para atender à demanda da planta. Mesmo para os FNs de baixa reatividade, um solo com  $2 \text{ mg kg}^{-1}$  de "P disponível" pela RTA e valor semelhante pelo Mehlich-1 é bem diferente de outro solo com  $2 \text{ mg kg}^{-1}$  de P pela RTA e  $200 \text{ mg kg}^{-1}$  de P pelo Mehlich-1. No primeiro caso, o estabelecimento e a manutenção de uma pastagem ou de uma floresta de eucalipto serão precários, se possível, ao passo que no segundo caso o crescimento de ambas as culturas será satisfatório.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Caracterização da área experimental**

O experimento foi instalado no município de São José do Cerrito, na comunidade de Amola Faca. O clima do local do experimento, segundo a classificação de Köppen é do tipo mesotérmico úmido com verão ameno (Cfb), com temperaturas médias anuais de 13,5°C, precipitação média anual de 1.500 mm e altitude média de 950 m. Foi realizada análise de solo no laboratório de rotina do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV-UDESC) e obtiveram-se as seguintes informações: 590 g kg<sup>-1</sup> de argila, pH (água) 4,5; pH (SMP) 4,7; fósforo extraível: 2,2 mg dm<sup>-3</sup>; potássio: 70 mg dm<sup>-3</sup>; matéria orgânica: 5,0 g kg<sup>-1</sup>; alumínio: 3,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; cálcio: 1,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e magnésio: 0,9 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Parte desta área já vem sendo utilizada com experimento de cultivares de trigo ao longo do tempo. Desta forma não se utilizou azevém neste experimento, porque esta espécie poderia invadir as parcelas do outro experimento com trigo. Assim, foi optado pelo capim lanudo substituir o azevém. A área onde foi implantado o experimento estava em pousio e em regeneração da vegetação original e possuindo plantas espontâneas arbustivas como guamirim e samambaia, além de gramíneas nativas.

#### **3.2 Delineamento experimental e tratamentos**

Na área experimental foi semeada pastagem perene de inverno com as seguintes espécies: trevo vermelho (*Trifolium pratense*) na quantidade de sementes de 8 kg ha<sup>-1</sup>, trevo branco (*Trifolium repens*) 2 kg ha<sup>-1</sup>, cornichão (*Lotus corniculatus*) 8 kg ha<sup>-1</sup> e capim

lanudo (*Holcus lanatus*) 4 kg ha<sup>-1</sup>. Foram utilizadas 7,66 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico para se chegar a pH 5,2. O experimento foi conduzido no delineamento em blocos completamente casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições. As parcelas foram dimensionadas com 2,5 x 7 m, numa área experimental de aproximadamente 600 m<sup>2</sup>. O fosfato natural utilizado no experimento possui o nome comercial de Fosforita Alvorada e é originário do município de Registro, SP, possuindo 4 % de solubilidade em ácido cítrico. Tanto o calcário como os adubos fosfatados foram aplicados manualmente e a lanço sobre as parcelas.

Os tratamentos foram os seguintes: Testemunha – sem corretivo e adubo (TEST); Correção da necessidade de fósforo através do uso de 417 kg ha<sup>-1</sup> de fosfato natural, considerando o P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total da fosforita (24%) (Só FN); Aplicação de calcário para pH 5,2 e correção da necessidade de fósforo através do uso de 333 kg ha<sup>-1</sup> de fosfato natural e 50 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato triplo. Calculou-se a dose considerando o P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total disponível na fosforita (4/5) + 1/5 da dose recomendada de superfosfato triplo (CAL + FN + ST); Aplicação de calcário para pH 5,2 e correção da necessidade de fósforo através do uso de 417 kg ha<sup>-1</sup> de fosfato natural, considerando o P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total da fosforita (CAL + FN<sub>1</sub>); Aplicação de calcário para pH 5,2 e correção da necessidade de fósforo através do uso de 1.666 kg ha<sup>-1</sup> de fosfato natural, numa dose de ¼ da quantidade de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel em ácido cítrico (2%) (CAL + FN<sub>2</sub>); Aplicação de calcário para pH 5,2 e correção da necessidade de fósforo com 244 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato triplo (CAL + ST).

### **3.3 Implantação do experimento**

A implantação do experimento foi efetuada durante o mês de outubro de 2002, porém a época ideal de implantação destas forrageiras é durante os meses de março e abril. Durante a implantação do experimento foram realizadas as seguintes etapas: visita de reconhecimento da área para locação do experimento, verificação das condições de solo e

amostragem do mesmo; locação do experimento e das parcelas; implantação do experimento: preparo do solo e incorporação dos corretivos e adubos através de enxada rotativa acoplada em trator, preparo das sementes das leguminosas (inoculação e peletização), semeadura a lanço e incorporação superficial manual das sementes.

### **3.4 Coleta e análises de solo**

O solo foi coletado pela primeira vez durante a implantação do experimento em outubro de 2002 e pela segunda vez em julho de 2003. As coletas foram efetuadas com trado a uma profundidade média de 10 cm. Foram procedidas as análises químicas dos seguintes nutrientes: fósforo, cálcio, magnésio, potássio e dos níveis de pH e alumínio, conforme descrito por TEDESCO et al. (1995). Estas avaliações químicas foram realizadas para monitorar o comportamento dos nutrientes no solo, bem como avaliar as variações no pH e no teor do alumínio. Para a extração do fósforo foi utilizado o método Mehlich-1.

### **3.5 Determinações realizadas: massa seca, rebrotos, taxa de crescimento diário, índice de eficiência agronômica e custo de implantação dos tratamentos utilizados no experimento.**

Entre os meses de dezembro de 2002 e outubro de 2003 foram realizadas seis amostragens das forrageiras com um intervalo médio de 45 dias entre os cortes. As forrageiras foram cortadas rente ao solo com tesoura de tosa de ovelha. Não foram utilizados animais no experimento. A amostra coletada de cada parcela foi determinada aleatoriamente e demarcada por um quadrado de 0,5 m de lado perfazendo uma área de 0,25 m<sup>2</sup>. Após o corte, o material foi colocado em sacos de papel e identificado. O material verde coletado foi trazido para o laboratório e separado manualmente por espécies, gerando cinco sub amostras: trevo vermelho (*Trifolium pratense*), trevo branco (*Trifolium repens*), cornichão (*Lotus corniculatus*), capim lanudo (*Holcus lanatus*) e outras espécies. Este

material foi então colocado em estufa para secagem em temperatura de 60°C, por um período de 36 horas ou até atingir massa constante. Depois deste período, as amostras foram pesadas em balança eletrônica de precisão para quantificar a massa seca das forrageiras e obter um parâmetro de volume de alimento disponível para os animais.

Outro atributo amostrado foi o rebrote das forrageiras durante o período de condução do experimento (dezembro de 2002 a outubro de 2003). Foram realizadas quatro amostragens de rebrote, sem a utilização direta de animais nas parcelas. As forrageiras foram coletadas no mesmo dia em que se realizou a amostragem do material para determinar a massa seca. A amostra foi coletada de cada parcela de maneira aleatória com auxílio de um quadrado de 0,5 m de lado perfazendo uma área de 0,25 m<sup>2</sup>. As amostras foram cortadas a uma altura de sete centímetros do solo. O material coletado foi colocado em sacos de papel e identificado, após era levado à estufa para secagem a uma temperatura de 60°C por um período de 36 horas ou até atingir massa constante. Depois deste período as amostras foram pesadas em balança eletrônica de precisão e quantificou-se o rebrote destas forrageiras durante este intervalo de tempo para obter uma estimativa de volume de alimento disponível para os animais.

Um outro parâmetro determinado foi a taxa de crescimento médio diário (CMD) das forrageiras. O CMD foi calculado a partir da massa seca total dividida pelo número de dias do período de condução do experimento. Neste caso o número de dias foi de 354, já que o experimento foi implantado em 18/10/2002 e a emergência ocorreu oito dias após a implantação das forrageiras.

Foi determinado o índice de eficiência agronômica (IEA) da massa seca total dos rebrotos. A análise de eficiência agronômica é definida como a eficiência relativa entre doses de superfosfato triplo ou simples e a fonte de fosfato natural testada necessária para obter a mesma produção (SOUZA, 1996), Portanto o IEA foi comparado calculando-se a produção de cada tratamento ao tratamento que recebeu superfosfato triplo.

Finalmente foi determinado o custo de implantação de cada um dos tratamentos a partir de pesquisa de preços no mercado de Lages. Estes preços são dos insumos que foram utilizados no experimento não incluindo o frete até a área experimental.

### **3.6 Análise estatística**

Os dados foram analisados estatisticamente através da análise de variância, utilizando-se o teste F. Os valores de F obtidos para efeitos principais e interações foram considerados significativos ao nível de 5% ( $P<0,05$ ). Quando alcançada significância estatística, a comparação de médias entre tratamentos foi realizada através do teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade. Para os atributos de acúmulo de massa seca foi realizada análise de regressão, com ajuste da equação de maior significância.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As condições do ambiente durante a condução do experimento foram normais, ou seja, dentro de um padrão esperado para a região do Planalto Catarinense. O verão foi típico, com temperaturas amenas e precipitação adequada e o inverno foi caracterizado por baixas temperaturas.

### **4.1. Produção de massa seca**

A análise do acúmulo de massa seca (MS) das espécies testadas detectou diferentes respostas. Para trevo vermelho, trevo branco e cornichão foram detectados efeitos simples das fontes de fósforo e da época de coleta das amostras, mas sem interação entre estes fatores. Já para capim lanudo e outras espécies foram detectados apenas efeitos simples de época de amostragem. Por outro lado, quando se analisou o total de material produzido, foi detectado tanto efeito simples, quanto interação entre as fontes de fósforo e as épocas de amostragem.

Para trevo vermelho (*Trifolium pratense*) e trevo branco (*Trifolium repens*) o maior valor de acúmulo total de MS foi observado no tratamento que recebeu calcário e superfosfato triplo (CAL +ST), embora este tratamento não tenha sido estatisticamente superior aos outros tratamentos que receberam calcário e uma das fontes de fósforo testadas (Tabela 1). Resultado semelhante foi obtido por GATIBONI (1999) para trevo vesiculoso. Para essas duas espécies, a testemunha apresentou o menor acúmulo de MS,

semelhante estatisticamente ao tratamento que só recebeu fosfato natural (FN). Apesar disso, cabe ressaltar que o FN aumentou o acúmulo de MS do trevo vermelho em 159% e do trevo branco em 93%, em relação à testemunha.

Para cornichão (*Lotus corniculatus*), o maior acúmulo de MS foi detectado no tratamento que recebeu calcário, FN e ST, mas também não diferiu estatisticamente dos demais tratamentos que receberam calcário e uma das fontes de fósforo (Tabela 1). Semelhante aos trevos, a testemunha e o tratamento só com FN foram os de menor acúmulo de MS, mesmo assim o tratamento só com FN produziu 46% a mais que a testemunha.

**Tabela 01** – Disponibilidade média dos componentes de massa seca (kg/ha) de trevo vermelho (*Trifolium pratense*), trevo branco (*Trifolium repens*), cornichão (*Lotus corniculatus*), capim lanudo (*Holcus lanatus*) e outras espécies no período de outubro de 2002 a outubro de 2003, em função de tratamentos com fosfato natural (FN), super triplo (ST) e calcário.

Tratamentos	Matéria seca disponível das espécies forrageiras (kg/ha)				
	Trevo Vermelho	Trevo Branco	Cornichão	Capim lanudo	Outras***
Testemunha **	75,7 c	10,8 b	82,9 b	37,9 ns	752,7 ns
Só FN **	196,2 bc	20,8 b	120,9 b	56,3	695,1
CAL+FN+ST **	591,2 a	109,0 a	491,0 a	75,6	491,0
CAL+FN <sub>1</sub> **	531,3 ab	121,1 a	480,1 <sup>a</sup>	74,3	536,8
CAL+FN <sub>2</sub> **	725,5 a	86,2 a	405,0 a	71,0	368,1
CAL+ST **	846,9 a	128,5 a	368,7 a	121,5	764,0
CV (%)	28	18	17	33	18

\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $\alpha 0,05$ )

\*\* Testemunha = sem corretivo e adubo

Só FN = correção da necessidade de fósforo através do uso de FN, considerando o P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total da fosforita (24%);

CAL+FN+ST = aplicação de calcário para pH 5,2 e correção da necessidade de fósforo através do uso de fosfato natural e superfosfato triplo. Calculou-se a dose considerando o P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total disponível na fosforita (4/5) + 1/5 da dose recomendada de superfosfato triplo;

CAL+FN<sub>1</sub> = aplicação de calcário para pH 5,2 e correção da necessidade de fósforo através do uso de fosfato natural, considerando o P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total da fosforita;

CAL+FN<sub>2</sub> = aplicação de calcário para pH 5,2 e correção da necessidade de fósforo através do uso de fosfato natural, numa dose de 1/4 da quantidade de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel em ácido cítrico (2%);

CAL + ST = aplicação de calcário para pH 5,2 e correção da necessidade de fósforo com superfosfato triplo.

\*\*\* Outras = são plantas espontâneas que ocuparam espaços no lugar das forrageiras dentro das parcelas. Neste caso destacamos a presença de samambaia e tiririca.

O capim lanudo (*Holcus lanatus*) foi a única espécie para a qual não houve efeito significativo de fonte de P do calcário no acúmulo de MS (Tabela 1). Apesar disso, o uso desses corretivos determinou incrementos numéricos no acúmulo, que foram proporcionais à disponibilidade de fósforo. O tratamento com ST acumulou 221 % a mais de MS que a testemunha. A ausência de significância estatística possivelmente seja decorrente do elevado coeficiente de variação (33 %) observado para essa espécie. Para os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul recomenda-se a calagem segundo o índice SMP para pH 6,0, tanto para aveia, como azevém, capim lanudo e centeio. Os resultados desse experimento, somados aos de GATIBONI (1999) e MORRIS et al. (1992), que observaram a ausência de resposta do azevém à calagem, indicam que o capim lanudo e o azevém são espécies tolerantes ao solo ácido.

O trevo vermelho apresentou contribuição efetiva para a massa total das forrageiras de 37 a 58 %, sendo a forrageira que mais contribuiu em massa no experimento (Tabela 1). Para o trevo branco, a contribuição variou de 5 a 10 % do volume total das forrageiras, apresentando melhor comportamento nos tratamentos que receberam calagem e adubação fosfatada, porém não houve diferença estatística de sua produção entre os tratamentos que foram adubados com FN e com ST. A contribuição do cornichão na MS total variou de 25 a 40 % do volume total das forrageiras do experimento, sendo, a segunda espécie em contribuição na massa total das forrageiras produzidas na pastagem. A contribuição em volume de massa seca do capim lanudo em relação às demais espécies forrageiras utilizadas no trabalho variou consideravelmente. No caso da testemunha e do tratamento só com FN, a contribuição foi de 18 e 15 % do volume total, respectivamente. Já para os demais tratamentos as contribuições foram menores, ficando entre 6 e 8 %.

O trevo vermelho também apresentou maior participação nos cortes realizados no primeiro ano (40% a 80 %), em experimento conduzido em Passo Fundo, RS (FÂO et al., 1998). A taxa de crescimento do trevo vermelho foi influenciada pelas fontes de fósforo e

modo de preparo do solo que interagiram com os cortes, onde o ST, em preparo superficial, apresentou vantagem ao FN, enquanto que, no preparo convencional a vantagem foi do FN. Nesse experimento, o cornichão apresentou uma participação baixa nos cortes (5 % a 10 %), portanto inferiores aos valores detectados no presente experimento. Assim, os autores consideraram o cornichão inadequado ao sistema, provavelmente pela sua baixa tolerância ao sombreamento. O melhor desempenho do trevo vermelho no Planalto Catarinense e no Planalto Médio do Rio Grande do Sul possivelmente esteja relacionado ao fato do mesmo apresentar bom comportamento em solos semi-profundos, drenados e de boa fertilidade (FAO et al., 1998). Normalmente é menos exigente em fósforo que o trevo branco, tolerando solos não corrigidos (COSTA et al., 1992).

Em outro trabalho conduzido no CPPSul de Bagé e no CNPT de Passo Fundo, ambos da Embrapa, a participação na composição botânica da festuca (*Festuca arundinaceae* Cv. El Palanque) foi de 48,8 %, o cornichão (*Lotus corniculatus* Cv. São Gabriel) foi de 47,7 % e a participação do trevo branco (*Trifolium repens* Cv. BR 1 Bagé), foi de 3,6% (GONZAGA et al., 1998).

A definição dos tratamentos foi feita visando alguns aspectos específicos. Inicialmente pretendia-se testar a adição isolada de FN em solo característico da região do Planalto Catarinense (pH baixo e elevado teor de alumínio). Os resultados mostraram que não foi vantajoso, pois esse tratamento se igualou à testemunha (Tabela 1). Dessa forma, considerando três das quatro espécies testadas, não se deve recomendar implantar pastagens perenes usando somente FN. Esses resultados corroboram os obtidos por CANTARUTTI et al., (1981).

Os outros quatro tratamentos foram definidos com a adição de calcário, objetivando atingir pH 5,2. Segundo ALMEIDA et al. (1999) nesse pH 5,2 já se minimizam os efeitos tóxicos do alumínio. Além disso, foram consideradas as afirmações de RHEINHEIMER et al. (2001) de que a aplicação de calcário retarda o processo de dissolução do fosfato natural

e diminui a disponibilidade de fósforo proveniente desse fertilizante às plantas, principalmente acima de pH 5,2. Assim, além do calcário foram definidos os tratamentos com a utilização de diferentes fontes de fósforo. No tratamento com calcário, FN e ST (CAL +FN +ST) foi suprido 4/5 da necessidade de fósforo com FN e 1/5 com ST, isso porque se sabe que o FN apresenta lenta solubilização no início de sua reação (NOVAIS e SMYTH, 1999) e, portanto, o ST iria suprir a necessidade das plantas na fase inicial de estabelecimento da pastagem. Outros dois tratamentos foram definidos considerando a quantidade total de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na fosforita e ¼ da quantidade P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel em ácido cítrico. E finalmente o uso de ST como única fonte de fósforo. Para todas as espécies, independentemente da forma como foi suplementado o fósforo (FN ou ST), foi vantajoso conciliar o uso de calcário e FN ou ST. Esse resultado é interessante, pois a recomendação quanto à fonte de fósforo pode ser feita de acordo com a disponibilidade de recursos do agricultor.

Outra informação importante foi obtida através da metodologia que determina a eficiência agronômica (IEA) do FN em relação às fontes de fosfatos solúveis (SOUZA, 1996). O tratamento só com FN apresentou um IEA de apenas 6,1 %, já o tratamento que recebeu CAL+FN+ST externou um índice de 67 %, superior ao tratamento que recebeu CAL+FN<sub>1</sub> (64 %). O tratamento que apresentou melhor resultado comparativo foi o que recebeu CAL+FN<sub>2</sub>, onde o IEA foi de 84 %. Essas comparações complementam as informações obtidas através da análise estatística, que não constatou diferença entre os tratamentos que receberam calcário mais FN e/ou ST (Tabela 1). Através dessa metodologia, pode-se verificar que o uso de CAL+FN+ST ou de CAL+FN<sub>1</sub> apresentou resultados semelhantes. Assim, o agricultor pode escolher a alternativa que apresente menor custo. Já o uso de uma dose maior de FN (1.666 kg/ha), do tratamento CAL+FN<sub>2</sub>, determinou um desempenho comparativo melhor, muito próximo ao obtido pelo tratamento

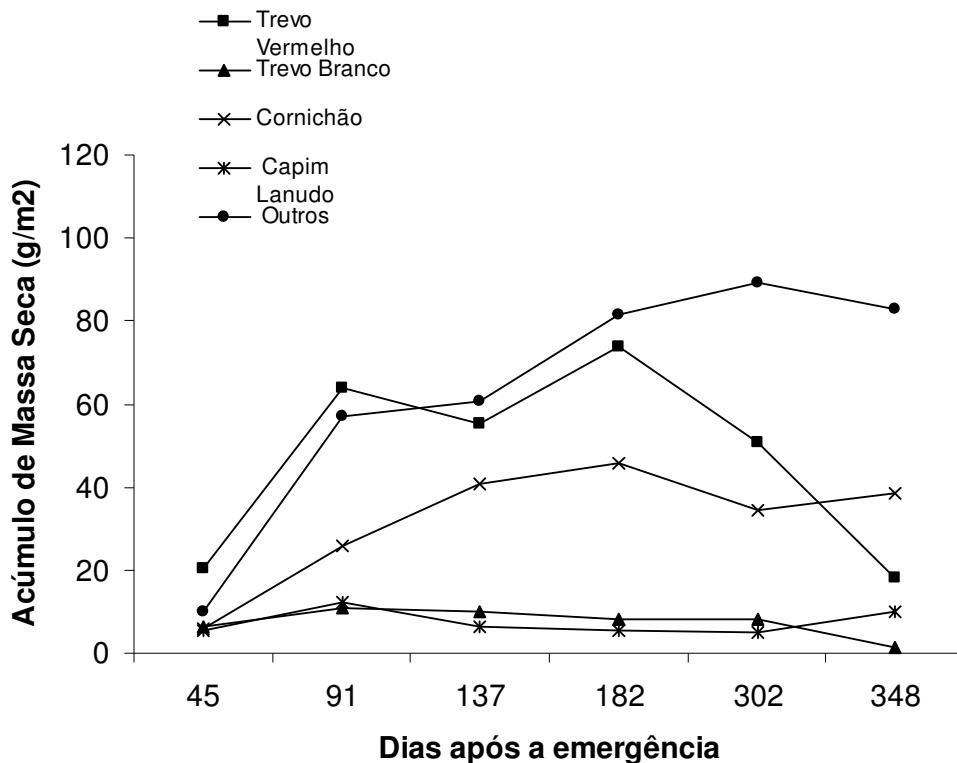
com calcário mais ST. Novamente o agricultor tem a opção de poder optar pela alternativa de menor custo.

Analizando o acúmulo de massa seca das espécies forrageiras e de outras espécies ao longo do experimento (Figura 1) na média dos tratamentos com calcário, fosfato natural e triplo observa-se que o trevo vermelho e outras espécies foram às plantas que tiveram um destaque sobre as demais forrageiras no experimento. O trevo vermelho foi a forrageira implantada que mais produziu até 182 dias após a emergência. Após este período o trevo vermelho entrou em declínio e aos 348 dias a sua contribuição já era menor que a do cornichão. Esta curva de crescimento é característica de plantas anuais ou bianuais. Estas plantas possuem um crescimento rápido no início do ciclo (COSTA et al., 1992), mas, ao final do período o acúmulo de MS diminui drasticamente (Figura 1). Este comportamento é desejável em uma pastagem perene, pois o rápido crescimento permite a alimentação dos animais no primeiro ano da pastagem, como também há contribuição com a fixação de nitrogênio. Segundo COSTA et al. (1992), o trevo vermelho é uma espécie que aos 90 dias após a emergência já pode ser utilizada em pastejo.

A categoria outras espécies foi criada para incluir todas as espécies não implantadas no início do trabalho. Assim, plantas espontâneas que foram ocupando os espaços que as forrageiras semeadas não ocuparam foram coletadas. Diversas espécies apareceram, mas se destacaram samambaia e tiririca. Estas plantas ocuparam os espaços e tiveram uma contribuição importante na massa seca total do experimento.

O comportamento do cornichão foi intermediário, sendo que o acúmulo de massa seca aumentou até os 182 dias após a emergência, após sofreu uma queda e voltou a crescer até o final da condução do experimento. Este comportamento é típico de uma planta perene que vai se estabelecendo aos poucos e mantém-se ao longo do tempo. O cornichão embora seja uma espécie bastante rústica, responde à correção da fertilidade, principalmente ao fósforo. O cornichão é de ciclo primaveril e sua forragem verde é de ótima palatabilidade,

nutritiva, apresentando boa resistência ao pastoreio (COSTA et al., 1992). No Rio Grande do Sul em cultivo solteiro a produção de massa verde variou de 24 Mg ha<sup>-1</sup> (sem adubaçāo) até 53,6 Mg ha<sup>-1</sup> (com adubaçāo), em 4 cortes anuais. Normalmente, nesse estado, são obtidas produções de 4 a 6 Mg ha<sup>-1</sup> de feno. Uma das grandes vantagens do cornichāo é a de não produzir timpanismo (COSTA et al., 1992).

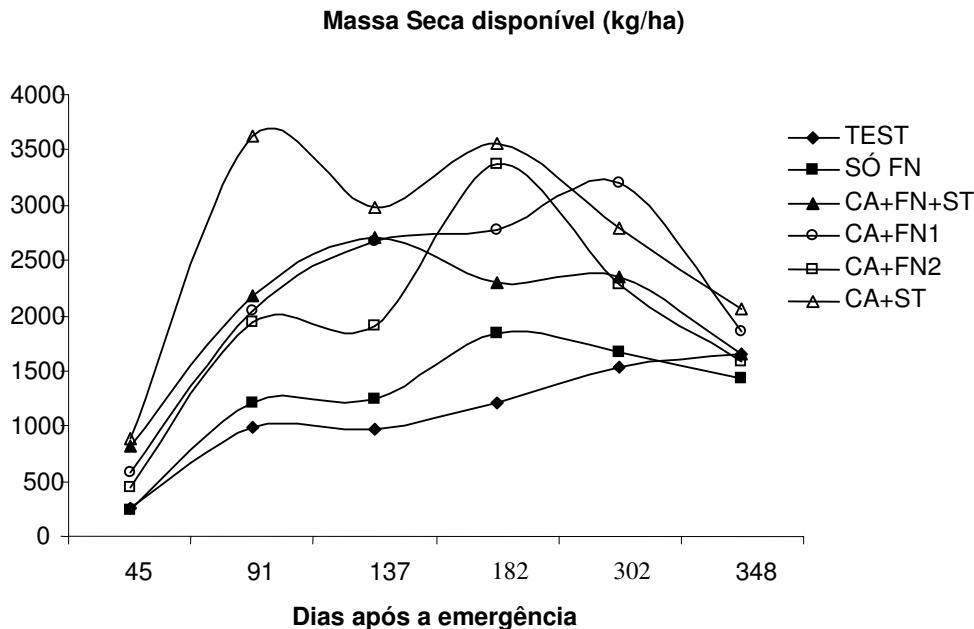


**Figura 1.** Massa seca disponível de espécies forrageiras perenes e de outras espécies, na média de tratamentos com calcário, fosfato natural e super triplo.

O comportamento do trevo branco e do capim lanudo foi semelhante, tendo as suas curvas de acúmulo ficado abaixo do trevo vermelho, outras espécies e do cornichāo. O trevo branco é uma espécie perene que demora a se instalar e é mais exigente em pH e em fertilidade do solo (COSTA et al., 1992). Desta forma o comportamento do trevo branco foi proporcional às condições que lhe foram impostas no experimento. O trevo branco é uma forrageira que ao longo do tempo aumenta de importância, como também com a melhoria das condições de solo. É uma planta que suporta muito bem o pisoteio e possui uma boa capacidade de fixação de nitrogênio no solo.

O capim lanudo é uma espécie anual de comportamento primaveril que acompanhou o desempenho do trevo branco. A sua baixa participação no acúmulo de massa seca deveu-se a semeadura tardia (em meados de outubro) e a grande competição que sofreu das outras espécies, principalmente do trevo vermelho.

A análise do comportamento do acúmulo de massa seca total de forrageiras perenes e de outras espécies em função de tratamentos com calcário, fosfato natural e super triplo (Figura 2), apresentou comportamento diferenciado ao longo do experimento. No período de 91 até 302 dias após a emergência ocorreu diferença marcante entre os tratamentos. A testemunha e o tratamento só FN apresentaram comportamento inferior, já os tratamentos CAL+FN+ST, CAL+FN<sub>1</sub>, CAL+FN<sub>2</sub> e CAL+ST apresentaram acúmulo semelhante, com destaque para CAL+ST. O comportamento superior do tratamento CAL+ST possivelmente seja decorrente do rápido efeito do adubo solúvel super triplo comparado ao fosfato natural. A premissa de fazer uso se 1/5 da dose com super triplo no tratamento CAL+FN+ST como adubação de arranque não surtiu efeito no experimento, tendo em vista que este tratamento ficou próximo dos tratamentos com CAL+FN<sub>1</sub> e CAL+FN<sub>2</sub>. No segundo terço da avaliação do acúmulo de massa seca total os dois tratamentos que receberam adubação fosfatada solúvel sofreram um decréscimo mais acentuado que os demais tratamentos. A partir de 182 dias após a emergência, o tratamento CAL+FN<sub>2</sub> apresentou um aumento no acúmulo de MS ficando próximo do tratamento CAL+ST. No terço final (após 182 dias) o acúmulo de massa seca de todos os tratamentos entrou em declínio e ficaram todos muito próximos. O único tratamento que apresentou uma curva ascendente foi a testemunha, não pelo crescimento de alguma das forrageiras semeadas, mas sim pela presença maior de plantas espontâneas nas suas parcelas. O declínio das curvas de acúmulo de massa seca dos tratamentos (após 302 dias) certamente teve origem na diminuição da contribuição do trevo vermelho nas parcelas como pode ser observado na curva de acúmulo de massa seca do trevo vermelho (Figura 1).



**Figura 2.** Massa seca disponível total de forrageiras perenes e de outras espécies em função de tratamentos com calcário, fosfato natural e super triplo.

#### 4.2 Rebrote das pastagens

A avaliação do rebrote das pastagens proporciona um bom parâmetro para estimar a capacidade produtiva das forrageiras. Observou-se que os tratamentos que receberam calagem e adubação fosfatada apresentaram um desempenho superior aos tratamentos sem esta condição (Tabela 2). A produtividade média dos tratamentos que receberam calagem e adubação fosfatada foi de  $3.923 \text{ kg ha}^{-1}$  de massa seca. Já a produtividade média do experimento como um todo foi de  $3.120 \text{ kg ha}^{-1}$ . ROSA e ALMEIDA (2001) obtiveram resultados semelhantes aos obtidos no presente experimento trabalhando com aveia.

Os resultados dos rebrotos das forrageiras utilizadas no experimento indicam que o efeito mais marcante foi devido ao uso da calagem. O uso isolado de fosfato natural não foi diferente da testemunha (Tabela 2). A utilização de fosfato natural mais calagem determinou maior quantidade de massa seca na pastagem de inverno, e não apresentou diferenças entre doses e tipos de fosfatos no 1º, 2º e 4º rebrotos. No 3º rebrote, os

tratamentos mais produtivos foram aqueles em que utilizou-se o fosfato natural associado a calagem, ou fosfato natural associado ao superfosfato triplo.

Informações sobre eficiência agronômica do FN de Gafsa em relação ao superfosfato simples obtidas pela Embrapa, com azevém comum, trevo branco e cornichão implantados com diferentes níveis de adubação fosfatada, avaliados durante dois anos com dois cortes por ano revelaram que o IEA nunca foi inferior a 70 %. A partir dos resultados de IEA e da produção de massa seca das forrageiras que foi de  $3.763 \text{ kg ha}^{-1}$  no primeiro ano e  $4.425 \text{ kg ha}^{-1}$  no segundo com o FN, permite afirmar que o hiperfosfato é uma fonte alternativa eficiente e econômica para o estabelecimento e manutenção de pastagens cultivadas de inverno-primavera na região sul do Brasil (OLIVEIRA et al., 1998).

**Tabela 2** – Volume de massa seca obtida em quatro cortes efetuados para medir o rebrote e a taxa de crescimento médio diário (CMD) das forrageiras e das espécies espontâneas do experimento no período de outubro de 2002 a outubro de 2003 em função de tratamentos com fosfato natural (FN), super triplo (ST) e calcário.

<b>Tratamentos</b>	<b>Datas dos cortes (MS em kg/ha) **</b>					<b>CMD</b>
	<b>18/03</b>	<b>02/05</b>	<b>18/07</b>	<b>15/10</b>	<b>Total</b>	
Testemunha **	826 b	175 b	129 c	475 b	1.605	4,53
Só FN **	707 b	135 b	199 c	384 b	1.425	4,03
CAL+FN+ST **	1.685 a	559 a	485 b	857 a	3.586	10,13
CAL+FN <sub>1</sub> **	1.609 a	330 ab	566 ab	974 a	3.479	9,82
CAL+FN <sub>2</sub> **	1.763 a	536 a	599 ab	1.178 a	4.076	11,51
CAL+ST **	1.984 a	560 a	788 a	1.222 a	4.554	12,86
CV (%)	21	52	34	27		

\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $\alpha 0,05$ )

O crescimento médio diário variou de 4,53 a 12,86  $\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  (Tabela 2). Comparando a taxa de acúmulo CMD da testemunha com os tratamentos que receberam calcário e adubação fosfatada, constata-se que, em média, estes tratamentos foram 2,5

vezes superiores a testemunha. Esta variação também ocorreu com a produção de massa seca da pastagem natural, azevém e trevo vesiculoso no trabalho conduzido por GATIBONI (1999), em período de amostragem das forrageiras semelhante. Estas informações indicam que a adubação fosfatada e a calagem proporcionaram aumentos na produção de massa seca e, principalmente, produção no período de inverno, que é a época crítica de produção das pastagens naturais. Constatase assim que esta tecnologia é eficiente e eficaz para suprir a deficiência de pasto de boa qualidade no período mais crítico do ano, enfatizada por RITTER e SORRENSEN (1985). É importante lembrar que a deficiência de alimentos é um fator determinante para a baixa produtividade da pecuária da região de Lages.

#### 4.3 Análise de solo

A composição química do solo, avaliada na primeira coleta de solo, correspondente ao período de implantação da pastagem (outubro de 2002) evidenciou que a aplicação de fosfato natural não promoveu variações significativas nos resultados do tratamento só FN, quando comparado à testemunha sem aplicação de calcário (Tabela 3). A única diferença ocorreu com o teor de P que diferiu significativamente de um tratamento para outro. A elevação do pH foi observada em decorrência da calagem. Os valores de pH H<sub>2</sub>O dos tratamentos onde foi utilizado calcário ficaram muito próximos de 5,2 denotando a eficiência da calagem. Esta ação neutralizante proporcionou diminuição do alumínio trocável de 3,52 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> para 1,38 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> na média dos tratamentos que receberam o calcário. Ou seja, os valores de alumínio diminuíram 2,55 vezes nos tratamentos que receberam calagem em relação à testemunha.

Para cálcio e magnésio também a calagem promoveu um efeito positivo, aumentando os teores de 2,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e 1,15 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente, para 5,27 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> para o cálcio e 4,12 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> para o magnésio (Tabela 3). Estes parâmetros

demonstram a efetividade da calagem em disponibilizar cálcio e magnésio, sendo que nesta fase de implantação da pastagem os valores de cálcio aumentaram 2,3 vezes em relação à testemunha e os de magnésio aumentaram 2,8 vezes.

**Tabela 3.** Composição química do solo na implantação da pastagem e no final da avaliação do experimento.

Tratamentos	pH <sub>água</sub>	pH <sub>CaCl<sub>2</sub></sub>	pH <sub>SMP</sub>	P(mg dm <sup>-3</sup> )	K(cmol dm <sup>-3</sup> )	Ca (cmol dm <sup>-3</sup> )	Mg(cmol dm <sup>-3</sup> )	Al(mg dm <sup>-3</sup> )
<b>1<sup>a</sup> coleta: implantação da pastagem</b>								
Testemunha	4,67b	4,01b	5,08b	10,91c	0,32a	2,30b	1,51b	3,52a
Só FN	4,68b	4,01b	5,23b	16,70b	0,37a	2,10b	1,30b	3,97a
Cal + FN + ST	5,56a	5,03a	5,85a	19,80b	0,33a	5,65a	4,19a	1,62b
Cal + FN <sub>1</sub>	5,43a	5,06a	5,74a	19,57b	0,31a	5,27a	4,37a	1,15b
Cal + FN <sub>2</sub>	5,66a	5,13a	5,81a	32,69a	0,32a	4,82a	3,55a	1,32b
Cal + ST	5,57a	5,16a	5,81a	15,93bc	0,30a	5,32a	4,37a	1,42b
<b>2<sup>a</sup> coleta: final do período de avaliação</b>								
Testemunha	4,62b	4,23bc	4,94c	13,45b	0,43a	3,00bc	1,89b	2,30a
Só FN	4,49b	4,00c	4,83c	26,75b	0,44a	2,55c	1,51b	2,55a
Cal + FN + ST	5,16a	4,77a	5,54a	21,27b	0,44a	6,15a	4,76a	0,55b
Cal + FN <sub>1</sub>	5,11a	4,69a	5,56a	23,86b	0,43a	5,45ab	4,24a	0,57b
Cal + FN <sub>2</sub>	4,95a	4,54ab	5,29b	50,92a	0,41a	5,72a	4,43a	0,45b
Cal + ST	5,09a	4,61a	5,44ab	20,57b	0,41a	5,95abc	5,44a	0,25b

Para o potássio não ocorreram alterações com a adição de calcário, fosfato natural ou super triplo. Para fósforo, os maiores teores foram observados quando foi empregado o fosfato natural associado à calagem. Os demais tratamentos também foram superiores à testemunha (Tabela 3). Quando se utilizou calagem combinada com adição de superfosfato triplo, obteve-se um nível intermediário, semelhante à testemunha, porém também próximo aos valores obtidos para os tratamentos Só FN, CAL+FN+ST e CAL+FN<sub>1</sub>.

Na segunda coleta, que corresponde ao final do período do experimento (outubro de 2003), os resultados de pH foram semelhantes aos da primeira coleta e mantiveram os

resultados decorrentes da aplicação ou não de calcário (Tabela 3). O mesmo ocorreu para os teores de fósforo, que apresentaram os maiores valores quando foi associado CAL+FN<sub>2</sub>. Para o macro nutriente potássio, o comportamento foi semelhante em todos os tratamentos, enquanto que, para os elementos cálcio, magnésio e alumínio o efeito da calagem se manteve.

Os resultados obtidos para os teores de P são maiores aos obtidos na primeira coleta, mas somente o tratamento CAL+FN<sub>2</sub> apresentou teor significativamente superior aos demais tratamentos (Tabela 3), possivelmente porque a quantidade de FN utilizada foi maior que nos demais tratamentos. De maneira generalizada os teores de P aferidos no experimento podem ser considerados altos. Na verdade, estes teores estão altos em função da utilização do método Mehlich-1, que possui na sua constituição extractores ácidos (ácido sulfúrico e clorídrico) que superestimou os teores de P do experimento. Estes resultados estão de acordo com a afirmação de KAMINSKI e PERUZZO (1997) que observaram a superestimação dos teores de fósforo disponível em solos fertilizados com fosfatos naturais.

#### **4.4. Análise de custos dos insumos utilizados na implantação da pastagem**

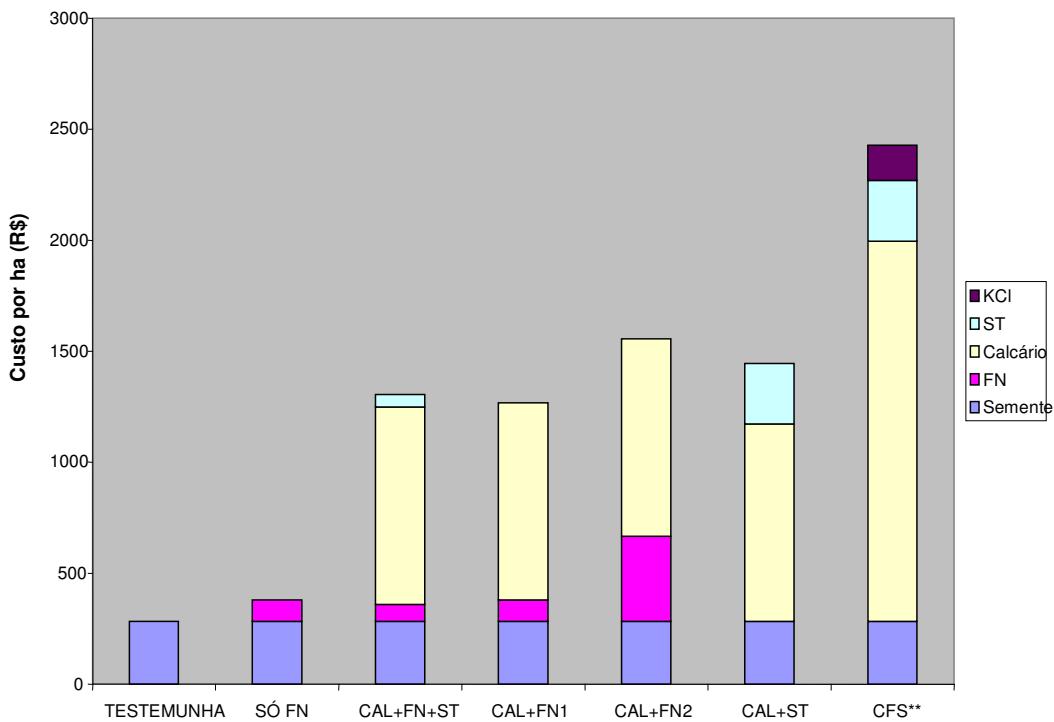
O custo do FN para cada um dos tratamentos variou de 6% a 25% do custo total da pastagem, sendo que o seu peso foi maior no tratamento só FN e no tratamento CAL+FN<sub>2</sub> (Figura 3). No primeiro caso em função do uso mínimo de insumos e no segundo em função da utilização de uma quantidade elevada. Analisando as informações obtidas nos rebrotes e no acúmulo de massa seca pode-se inferir que a adição de fosfato natural é uma alternativa eficiente para a melhoria das condições de fertilidade do solo e a para implantação de forrageiras hibernais na região de Lages. Estas afirmações estão alicerçadas no fato do custo do fosfato natural ter sido relativamente baixo quando comparado as demais variáveis do custo total de implantação das forrageiras. Apesar disso, deve-se

considerar que o experimento foi de apenas um ano, assim não se sabe se o comportamento da fertilidade do solo e das forrageiras no segundo ano será compatível com o observado no primeiro ano. Porém, também é sabido que o fosfato natural tem efeito residual ao longo do tempo e talvez os tratamentos que receberam FN e calcário pudesse exprimir ainda mais os efeitos benéficos da adubação fosfatada sobre as forrageiras no segundo ano.

A fertilização de pastagens é uma prática recomendada, sem a qual o estabelecimento de espécies, a produção e persistência ficam comprometidos (OLIVEIRA et al., 1998). Esta afirmação está de acordo com os valores de produção de massa seca obtidos no tratamento testemunha e Só FN deste trabalho. Além da fertilização com fósforo ficou bem caracterizada a importância da utilização da calagem para manter uma produtividade satisfatória das forrageiras. O custo desta prática representa um percentual elevado no custo total (Figura 3), tanto para o estabelecimento como para sua manutenção. As informações obtidas neste trabalho corroboram as afirmações de RITTER e SORRENSEN (1985) nas quais os maiores componentes do custo de implantação são realmente o calcário e o fósforo. O calcário foi o insumo que mais influenciou no custo variando de 57 % a 70 % do custo total de implantação da pastagem. O custo ficou elevado em função da dose aplicada influenciando decisivamente no custo de produção, apesar da utilização de uma recomendação alternativa de calcário para solos altamente tamponados do sul do Brasil idealizada por ALMEIDA et al. (1999). Em trabalho conduzido no município de Urupema (SC), no qual foi realizada análise econômica e de custos de implantação de pastagens nativas melhoradas, a adubação fosfatada somada a calagem obteve um índice de 58 % do custo total de implantação do melhoramento do campo nativo (SANTOS, 2004).

No caso da comparação com a adubação e calagem recomendada pela Comissão de Fertilidade do Solo (CFS) - RS/SC (1995), o custo atribuído ao calcário ficou com 70% do valor do custo total, além de neste caso haver a necessidade de aplicação do adubo cloreto de potássio o qual elevou ainda mais o custo de implantação da pastagem. Na situação de

utilização da recomendação completa da CFS o custo de implantação da pastagem fica aproximadamente 60% mais caro que o maior valor do custo de implantação do experimento.



**Figura 3** – Custo de implantação por hectare das forrageiras utilizadas nos tratamentos do experimento.

\* Para efeito de cálculo de custo neste caso não foram computados os valores de hora máquina na implantação das forrageiras bem como o custo do inoculante.

\*\* Custo conforme a recomendação da COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC, (1995).

\*\*\* Dólar em 22/02 = 2,576

\*\*\*\* O preço do calcário é ensacado

Uma alternativa mais econômica ainda na implantação de pastagens perenes hibernais para os agricultores familiares possa ser a utilização de  $\frac{1}{4}$  da recomendação do calcário pela CFS. A recomendação de  $\frac{1}{4}$  da dose do calcário a ser aplicado no melhoramento de campo nativo é uma indicação que vem recebendo adeptos como também a redução  $\frac{1}{2}$  da recomendação da CFS para o fósforo e o potássio (PIRES, 2004). A recomendação utilizada no experimento e a recomendação de PIRES (2004) seguem uma linha de raciocínio que visa reduzir a utilização de insumos e intensificar a utilização de fontes

naturais de fertilizantes. A perspectiva é criar um ambiente no solo mais favorável ao estabelecimento das forrageiras, porém visando um custo menor na implantação e assim proporcionar que uma maior parcela de agricultores possa usufruir desta base tecnológica. Também faz parte desta base tecnológica poupadora de energia a atribuição de peso importante às questões de manejo das pastagens. Assim, tão importante quanto a quantidade de fertilizantes e calcário a ser aplicado no solo estão a inoculação com estirpes de *Rhizobium* adequadas, o tratamento prévio da área a ser trabalhada, a utilização do período mais adequado para a semeadura, o consórcio mais favorável entre plantas, entre outras práticas de manejo que não exigem desembolso do proprietário.

## **5. CONCLUSÕES**

O uso isolado de fosfato natural não é recomendável para implantação de pastagens perenes na região do planalto catarinense. Já a associação de calagem e diferentes fontes de fósforo (fosfato natural e/ou super triplo) mostraram-se eficientes na implantação dessas pastagens.

O trevo vermelho e o cornichão foram às espécies que melhor aproveitaram as condições de solo criadas pela adição de calcário e fósforo.

Os tratamentos que receberam calcário e uma das fontes de fósforo apresentaram custo semelhante e inferiores em custo ao que é recomendado pela Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ABREU, C. L. Análise do projeto do DZDR/CCA/UFSC de produção intensiva e coletiva de leite a base de pasto no oeste de Santa Catarina, Dissertação de mestrado, Florianópolis, 2001.
- ALMEIDA, J.A, ERNANI, P.R e MAÇANEIRO, K. C. Recomendação alternativa de calcário para solos altamente tamponados do extremo sul do Brasil. Ciência Rural, Santa Maria, v.29, n.4 p.651-656, 1999.
- BAHIA FILHO, A.F.C. ; BRAGA, J.M.; RIBEIRO, A.C. & NOVAIS, R.F. Sensibilidade de extractores químicos à capacidade tampão do fósforo. R. Bras. Ci. Solo, 7:243-249, 1983a.
- BARCELOS, J.M. et al. Influência da adubação e sistemas de pastejo na produção de pastagens nativas. In: Macedo, W. et al. Pastagens, adubação e fertilidade do solo. Bagé, RS, 1980.
- BARRETO, I.L. Experimentação forrageiras no Rio Grande do Sul. In: Adiretoria da produção animal e suas realizações. 1, 1956. Porto Alegre, RS.
- BERMÚDEZ, R. CARÁMBULA M. & AYALA, W. Respuesta a la fertilización fosfatada de un mejoramiento de segundo año. XVII Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul – Zona Campos, Lages, 1998.
- BRAGA, J.M. & NEVES, M.J.B. Alteração da solubilidade do fosfato de Patos. I. Efeito do tamanho de partículas e do tratamento térmico. R.Ceres, 28:546-554, 1981.
- CAMPELLO, M.R. et al. Avaliação da reversibilidade de fósforo não lábil para lábil em solos com diferentes características. R. Bras. Ci. Solo, 18:157-165, 1994.
- CANTARUTTI, R.B.; BRAGA, J. H; NOVAIS, RF.; THIEBAUT, JTL. Época de aplicação de fosfato natural em relação a calagem, num solo com elevado teor de alumínio trocável. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 5:129-133, 1981.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. Recomendação de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 3º ed. Passo Fundo, SBCS/NRS/EMBRAPA/CNPT. 224 p., 1995.

COSTA, B. B. et al.. Adubação Verde no Sul do Brasil. Rio de Janeiro. AS-PTA. 346p., 1992.

COUTO, C. & NOVAIS, R.F. Efeito do alumínio em soluções tamponadas a diferentes valores de pH sobre a solubilização da apatita-de-araxá. R. Bras. Ci. Solo, 10:7-10, 1986.

FÃO, V. M. et al. Resposta de uma pastagem nativa a calagem, adubação fosfatada, modo de preparo e introdução de espécies hibernais. XVII Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul – Zona Campos, Lages, 1998.

GATIBONI, L. C. Oferta de forragem de pastagem natural afetada pela adubação fosfatada e introdução de espécies forrageiras de inverno. Dissertação de mestrado, UFSM, 1999.

GATIBONI, L. C. KAMINSKI J. D.S. RHEINHEIMER & SAGGIN A. Quantificação do fósforo disponível por extrações sucessivas com diferentes extractores em Latossolo vermelho distroférrico. R. bras.Ci.Solo, 26:1023-1029, 2002.

GONZAGA, S.S. LEAL, J. B, SALOMINI, E. BRANCO, F.A., COLLARES, R. S & LHAMBY, J.B. Avaliação de consorciações forrageiras implantadas sobre restas agrícolas para a recria e terminação de machos bovinos. XVII Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul – Zona Campos, Lages, 1998.

IYAMUREMYE, F. & DICK, R.P. Organic amendmements and phosphorus sorption by soils. Adv.Agron. 56:139-185, 1996.

JUNQUEIRA, R.M.R. & RIBEIRO, A.C. Efeito da adição de cloreto de alumínio a soluções tamponadas de acetato de sódio sobre a sulubilização da apatita de araxá. R.Ceres, 30:39-44, 1983.

KAMINSKI, J. & PERUZZO, G. Eficácia de fosfatos naturais reativos em sistemas de cultivo. Boletim técnico 3, Núcleo regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Santa Maria, RS, 1997.

- KAMINSKI, J. & MELLO. F.A.F de. Época de aplicação de fosfatos em relação ao calcário no suprimento de fósforo ao sorgo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 8:297-300, 1984.
- KLAPP, E. Prados e pastagens, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1971, 4 ed. 406 p.
- KROTH, P.L. Disponibilidade de fósforo no solo para plantas e fatores que afetam a extração por resina de troca em membrana. Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1998. 168p. (Tese de mestrado)
- KRUG, E.E.B. et al. Manual da produção leiteira. Porto Alegre, RS. CCGL, 1993. 716p.
- MARTINS, O.C.; VIÉGAS, R.A; NOVAIS, R.F. & RIBEIRO, A.C. Efeito do ferro em soluções tamponadas, a diferentes valores de pH, sobre a solubilização da apatita-de-araxá. R. Ceres, 36:67-75, 1989.
- MENGEL, K. Agronomic measures for better utilization of soil and fertilizer phosphates. Eur. J. Agron., 7:221-233, 1997.
- MOTTA P.E.F., CURI, N. SIQUEIRA J.O. VAN RAIJ B. FURTINI NETO A.E. & LIMA J.M. Adsorção e formas de fósforo em latossolos: influência da mineralogia e histórico de uso. R. Bras. Ci. Solo, 26:349-359, 2002.
- MEHLICH, A. Mehlich-3 soil test extractant: A modification of Mehlich-2 extractant. Comm. Soil Sci. Plant Anal., 15:1409-1416, 1984.
- MORRIS, D.R. JOOST, R.E., CORKERN, D.L. et al. Liming double-cropped ryegrass and sorghum. Soil Sci. Am. J., Cincinnati, v.56, n.1, p. 155-160, 1992.
- NOVAIS, R.F & RIBEIRO, A.C. Efeito do pH e da concentração de alumínio em solução sobre a solubilização de apatita-de-araxá. R. Bras. Ci. Solo, 6:66-88, 1982.
- NOVAIS, R.F. BARROS, N.F. & NEVES, J.C.L. Nutrição mineral do eucalipto. In: BARROS, N.F. & NOVAIS, R.F., eds. Relação solo-eucalipto. Viçosa, Folha de Viçosa, 1990. p.25-98.
- NOVAIS, R.F. & SMYTH, T. J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais, Viçosa, UFV, DPS, 1999, 399 p.

OLIVEIRA, O. L. et al. Eficiência agronômica do fosfato natural de gafsa em relação ao superfosfato simples. XVII Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul – Zona Campos, Lages, 1998.

PARFITT, R.L. Anion adsorption by soils and soil materials. *Adv. Agron.*, 30:1-50, 1978.

PIRES, O.W. Coeficientes técnicos e recomendações para a elaboração de projetos de implantação e melhoramento de campo nativo. Apostila das palestras ministradas no 3º curso sobre melhoramento de campo nativo para técnicos. Lages, p.91-97. 2004.

RAIJ, B. van; FEITOSA, C.T. & GROHMANN, F. Eficiência agronômica de fosfatos naturais brasileiros. In: CABALA R., P. coord. MESA REDONDA SOBRE ADUBAÇÃO FOSFATADA NO BRASIL – CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 18., Salvador, 1981. Anais ...Salvador, CEPLAC, 1981. p.46-67.

RAJAN, S.S.S.; WATKINSON, J.H. & SINCLAIR, A.G. Phosphate rocks for direct application to soils. *Adv. Agron.*, 57:77-159, 1996.

RITTER W. e SORRENSEN W.J. Produção de bovinos no planalto de Santa Catarina, Brasil situação atual e perspectivas. GTZ e EMPASC. Eschborn, 1985.

RHEINHEIMER, D.S.; ANGHINONI, I. & KAMINSKI, J. Depleção do fósforo inorgânico de diferentes frações provocada pela extração sucessiva com resina em diferentes solos e manejos. *R. Bras. Ci. Solo*, 24:345-354, 2000.

RHEINHEIMER, D.S. GATIBONI, L.C. KAMINSKI, J. Mitos e verdades sobre o uso de fosfatos naturais na Agroecologia. Nota técnica número 1.UFSM, 2001.

ROBINSON, J.S.; SYERS, J.K. & BOLAN, N.S. Importance of proton supply and calcium-sink size in the dissolution of phosphate rock materials of different reactivity in soil. *J. Soil. Sci.* 43:447-459, 1992.

ROBINSON, J.S.; SYERS, J.K. & BOLAN, N.S. A simple conceptual model for predicting the dissolution of phosphate rock in soil. *J. Sci. Food. Agric.* 64:397-403, 1994.

ROSA, J.L. & ALMEIDA, M.L.de. Ensaio Nacional de aveias forrageiras em Lages, SC – 2000. Resultados experimentais/XXI Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia – Lages:UDESC, 2001

SANTOS, dos O.V. Análise econômica e custos de implantação de pastagens nativas melhoradas. Apostila das palestras ministradas no 3º curso sobre melhoramento de campo nativo para técnicos. Lages, p.88-90. 2004.

SAMPLE, E.C.; SOPER, R.J. & RACZ, G.J. Reactions of phosphate fertilizers in soils. In: KHASAWNEH, F.E.; SAMPLE, E.C. & KAMPRATH, E.J. eds. The role of phosphorus in agriculture. Madison, American Society of Agronomy, 1980. p. 263-310.

SANYAL, S.K. & De DATTA, S.K. Chemistry of phosphorus transformations in soil. Adv. Soil Sci., 16:1-120, 1991.

SETELICH, E. A.; ALMEIDA, E. X. Produção de leite a pasto, In: Ciclo de palestras em manejo de bovinos ênfase em reprodução e alimentação em bovinos de leite, 5, 2000, Canoas, PA. Anais (...) Canoas:2000, p.33-50.

SMYTH, T.J & SANCHEZ, P.A. Phosphate rock dissolution and availability in cerrado soils as affected by phosphorus sorption capacity. Soil Sci. Soc. Am. J. 46:339-345, 1982.

SILVA, F.C. & RAIJ, B. van. Disponibilidade de fósforo em solos avaliada por diferentes extratores. Pesq. Agropec. Bras., 34:267-288, 1999.

SOUZA, E.C.A.Uso agronômico do fosfato natural. Unesp-SP, 2 edição revisada, 1996.

SKOGLEY, O. & DOBERMANN, A. Synthetic ion-exchange resins: Soil and environmental studies. J. Environ. Qual., 25:13-24, 1996.

TEDESCO, M.J., GIANELLO, C., BISSANI, C.A. et al. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim técnico, 5).

VINCENZI, M.L. As forrageiras e a conservação de solo, In:Curso de atualização em Bovinos de leite, 1, Rio do Sul, 1987, Anais (...) v.1, p. 21-36.

VINCENZI, M.L. Fatores essenciais para o sucesso da sobre-semeadura de espécies de inverno em Campos Naturais e Naturalizados. XVII Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul – Zona Campos, Lages,1998.